



KEMIJA

Ispitni katalog
za državnu maturu
u školskoj godini 2024./2025.



Nacionalni centar
za vanjsko vrednovanje
obrazovanja

ISPITNI KATALOG ZA **DRŽAVNU Maturu** U ŠKOLSKOJ GODINI 2024./2025.
KEMIJA



Nacionalni centar
za vanjsko vrednovanje
obrazovanja

SADRŽAJ

UVOD	5
1. PODRUČJA ISPITIVANJA	7
1.1. TVARI	7
1.2. PROMJENE I PROCESI	7
1.3. ENERGIJA	7
2. OBRAZOVNI ISHODI I PRIMJERI POKUSA	8
2.1. RAZRADA OBRAZOVNIH ISHODA	8
2.2. PRIMJERI POKUSA	19
3. STRUKTURA ISPITA	63
4. TEHNIČKI OPIS ISPITA	64
4.1. TRAJANJE ISPITA	64
4.2. IZGLED ISPITA I NAČIN RJEŠAVANJA	64
4.3. PRIBOR	64
5. OPIS BODOVANJA	66
5.1. VREDNOVANJE PRVOGA DIJELA ISPITNE KNJIŽICE	66
5.2. VREDNOVANJE DRUGOGA DIJELA ISPITNE KNJIŽICE	66
6. PRIMJERI ZADATAKA	67
6.1. PRIMJER ZADATKA ZATVORENOGA TIP (VIŠESTRUKOGA IZBORA)	67
6.2. PRIMJERI ZADATAKA OTVORENOGA TIP	68
6.2.1. PRIMJER ZADATKA DOPUNJAVANJA	69
6.2.2. PRIMJER ZADATKA KRATKOGA ODGOVORA	71
6.2.3. PRIMJER ZADATKA PRODUŽENOGA ODGOVORA	72
6.2.4. PRIMJER ZADATKA PRODUŽENOGA ODGOVORA (BODOVANJE POSTUPKA)	73
6.2.5. PRIMJER ZADATKA PRODUŽENOGA ODGOVORA (SKICIRANJE ENTALPIJSKOGA DIJAGRAMA)	74
6.2.6. PRIMJER ZADATKA PRODUŽENOGA ODGOVORA (PRIKAZIVANJE LEWISOVIH STRUKTURNIH FORMULA)	75
6.2.7. PRIMJER ZADATKA PRODUŽENOGA ODGOVORA (STRUKTURNE FORMULE ORGANSKIH SPOJEVA)	76
7. PRIPREMA ZA ISPIT	77
PERIODNI SUSTAV ELEMENATA	78
TEMELJNE PRIRODNE KONSTANTE	79
STANDARDNI REDUKCIJSKI ELEKTRODNI POTENCIJALI ODABRANIH REDOKS-SUSTAVA U VODENIM OTOPINAMA PRI 25 °C	80



Napomena:

Ispitni materijali iz Kemije pisani su prema *Hrvatskome pravopisu* Instituta za hrvatski jezik i jezikoslovlje (<http://www.ihjj.hr>, 2013.).
U obrazovnim ishodima preuzetim iz kurikuluma napravljene su jezične korekcije sukladno normi hrvatskoga standardnog jezika.

UVOD

Kemija je prirodna znanost usmjerena na proučavanje tvari te prirodnih procesa i zakonitosti. Poučavanje kemije nemoguće je zamisliti bez poznavanja čestične građe tvari i njihovih makroskopskih svojstava te opisivanja i tumačenja pojava/procesa na mikroskopskoj razini. Svakodnevno smo okruženi brojnim proizvodima kemijske i farmaceutске industrije, biotehnologije, prehrambene tehnologije, tehnologije materijala i drugih djelatnosti. Navedeno upućuje na važnost primjene znanja kemije. U skladu s navedenim ciljevi ispita državne mature iz Kemije jesu:

1. provjera stečenoga znanja i razumijevanja unutar triju temeljnih kemijskih koncepata: *Tvari, Promjene i procesi* te *Energija*
2. provjera kognitivnih vještina rješavanjem kemijskih problema koristeći se matematičkim alatima i metodama znanstveno-istraživačkoga pristupa
3. provjera razumijevanja/upotrebe metoda znanstvenoga istraživanja (formuliranje istraživačkih pitanja i hipoteza, sistematiziranje, analiziranje i vrednovanje podataka, donošenje zaključaka).

Ispitni katalog za državnu maturu iz Kemije temeljni je dokument ispita u kojemu su navedeni i objašnjeni sadržaji, kriteriji te načini ispitivanja i vrednovanja znanja u školskoj godini 2024./2025. U ispitnome su katalogu, s ciljem razvijanja ključnih kompetencija za cjeloživotno učenje, kemijski pojmovi svrstani u područja i cjeline. Unutar svake cjeline navedeni su obrazovni ishodi prema kojima se oblikuju zadatci za provjeru znanja i vještina učenika. Ispitni katalog slijedi *Preporuke Europskoga parlamenta i savjeta* u kojima je navedeno osam ključnih kompetencija koje, među ostalim, sadrže i matematičku kompetenciju te temeljne kompetencije u prirodnim znanostima: kritičko mišljenje, kreativnost, inicijativu, rješavanje problema, procjenu rizika i donošenje odluka. Kompetencije u prirodnim znanostima i tehnologiji obuhvaćaju i razumijevanje promjena izazvanih ljudskom djelatnošću i odgovornost svakoga pojedinca kao građanina. Ispitni katalog usklađen je s odobrenim kurikulumom za Kemiju. Nacionalni centar za vanjsko vrednovanje obrazovanja nije odgovoran za stručne pogreške u propisanim udžbenicima iz Kemije iz kojih pristupnici¹ uče za ispit državne mature.

¹ Termin „pristupnik” u ispitnome katalogu podrazumijeva rodnu razliku te se odnosi i na pristupnice i na pristupnike.

Ispitni katalog sadrži sedam poglavlja:

1. Područja ispitivanja
2. Obrazovni ishodi i primjeri pokusa
3. Struktura ispita
4. Tehnički opis ispita
5. Opis bodovanja
6. Primjeri zadataka
7. Priprema za ispit.

U prvome i drugome poglavlju navedeno je što se ispituje u ispitu. U prvome poglavlju navedena su područja ispitivanja, a u drugome ključna znanja i vještine koje pristupnik treba usvojiti. Vrednovanje usvojenih znanja provodi se prema različitim razinama usvojenosti obrazovnih ishoda unutar jednoga područja. U drugome su poglavlju također opisani primjeri pokusa koji obuhvaćaju kemijske sadržaje svrstane u područja te su primjer nastavnicima na koji način organizirati praktični rad učenika s ciljem boljšeg razumijevanja kemijskih koncepata. U trećemu, četvrtome i petome poglavlju opisani su načini ispitivanja, struktura i oblik ispita, vrste zadataka te način rješavanja i vrednovanja pojedinih zadataka i ispitnih cjelina. U šestome poglavlju navedeni su primjeri zadataka s detaljnim objašnjenjem, a u sedmome poglavlju objašnjeno je na koji se način treba pripremiti za ispit.

1. PODRUČJA ISPITIVANJA

U ispitnome su katalogu kemijski sadržaji svrstani u područja (koncepte) te podijeljeni na potpodručja. Područja u katalogu odgovaraju konceptima u kurikulumu za nastavni predmet Kemiju za osnovne škole i gimnazije u Republici Hrvatskoj. Ključni pojmovi i obrazovni ishodi prikazani su u tablicama 1., 2. i 3. radi lakšega snalaženja i tumačenja područja i potpodručja u ispitnome katalogu. Razrada osnovnih kemijskih koncepata temelji se na kemijskim i fizikalnim zakonitostima bez obzira na njihovo mjesto unutar postojećega predmetnog kurikuluma za nastavni predmet Kemiju te odobrenih udžbenika. Dakle, **redoslijed koncepata ne slijedi redoslijed obrade nastavnih sadržaja**. U prirodoslovlju se često preklapaju pojedini koncepti, a pojedini pojmovi ne mogu se razumjeti bez poznavanja nekoga drugog pojma. Pri ostvarivanju ciljeva poučavanja nastave Kemije važno je postupno uvoditi pojedine pojmove i pritom paziti na usvojena znanja i vještine tijekom nastave Matematike i ostalih prirodoslovnih predmeta. Navedeno pridonosi cjelovitoj prirodoslovnoj pismenosti učenika. Primjerice, koncept *Energija* zajednički je sljedećim nastavnim predmetima: Biologiji, Kemiji i Fizici. Istodobno se koncept *Energija* u Kemiji prožima s ostalim konceptima, npr. *Tvari* te *Promjene i procesi*. Neophodni su i dodatna upotreba fizikalnih veličina i mjernih jedinica (SI – sustav mjernih jedinica) te upotreba veličinskoga računa i matematičkih izraza, obrada podataka i iskazivanje rezultata te grafički prikazi jer također pridonose prirodoslovnoj pismenosti učenika. Stoga ih pri poučavanju kemije valja kontinuirano uvježbavati i vrednovati s ciljem razvijanja vještina planiranja pokusa, promatranja, bilježenja, opažanja te izvođenja zaključaka.

Ispitom državne mature iz Kemije provjerava se ostvarena razina usvojenosti znanja i vještina pristupnika u sljedećim područjima:

1.1. TVARI

- 1.1. Svojstva, sastav i vrsta tvari
- 1.2. Kemijsko nazivlje i simbolika
- 1.3. Građa tvari

1.2. PROMJENE I PROCESI

- 2.1. Kemijske reakcije organskih i anorganskih tvari
- 2.2. Brzina kemijskih reakcija
- 2.3. Kemijska ravnoteža

1.3. ENERGIJA

- 3.1. Termokemija
- 3.2. Elektrokemija.

2. OBRAZOVNI ISHODI I PRIMJERI POKUSA

U ovome su poglavlju za svako područje ispitivanja navedeni obrazovni ishodi, a uz razradu ishoda navedeni su i ključni pojmovi. Također, u nastavku su prikazani primjeri pokusa sa svim potrebnim smjernicama, ključnim pojmovima, priborom kao i pripadajućim ishodima. Primjeri pokusa važni su za nastavu Kemije te su stoga sastavni dio ispitnoga kataloga.

2.1. RAZRADA OBRAZOVNIH ISHODA

Razrada obrazovnih ishoda služi za izradu ispitnih zadataka i olakšava pripremu učenika za ispit državne mature. Izvođenje nastave Kemije prema predloženim obrazovnim ishodima olakšat će učenicima daljnje obrazovanje u prirodnim znanostima. Obrazovni ishodi odraz su mjerljivoga prikaza opisa pojmova i smjernica nastavnicima pri planiranju nastavnoga procesa. Pojedini obrazovni ishod može se odnositi na jedan ili više ključnih pojmova. Treba istaknuti da ishodi više razine uključuju i ishode niže razine. Tijekom izrade ispita treba paziti na zastupljenost kognitivnih razina. Ispit sadrži 25 % zadataka prve kognitivne razine (prepoznavanje, navođenje), 50 % zadataka druge kognitivne razine (razumijevanje) i 25 % zadataka treće kognitivne razine (primjena usvojenoga znanja).

Tablica 1. Razrada područja Tvari na potpodručja te pripadajući ključni pojmovi, obrazovni ishodi i razrada ishoda

1. PODRUČJE TVARI		
POTPODRUČJE 1.1. SVOJSTVA, SASTAV I VRSTA TVARI		
KLJUČNI POJMOVI	OBRAZOVNI ISHODI IZ KURIKULUMA	RAZRADA OBRAZOVNIH ISHODA
<ul style="list-style-type: none"> ♦ fizikalna i kemijska svojstva tvari u kojima su čestice povezane ionskom, kovalentnom i metalnom vezom ♦ maseni udio elementa u spoju ♦ određivanje empirijske i molekulske formule ♦ količina tvari: brojnost, množina, mol, molarna masa, Avogadrova konstanta ♦ plinske smjese: Daltonov zakon, parcijalni tlak ♦ jednadžba stanja idealnoga plina, molarni volumen i gustoća plina ♦ kvantitativni sastav smjese: udjeli (maseni, volumni, množinski), koncentracije (masena, množinska), molalnost 	<p>1.1.1. Analizira svojstva, sastav i vrstu tvari. (KEM SŠ A.1.1.)</p> <p>1.1.2. Kritički razmatra upotrebu tvari i njihov utjecaj na okoliš. (KEM SŠ A.1.4.)</p> <p>1.1.3. Povezuje svojstva tvari s vrstom kemijske veze i međučestičnim djelovanjima. (KEM SŠ C.1.3.)</p> <p>1.1.4. Povezuje rezultate pokusa s konceptualnim spoznajama. (KEM SŠ D.1.1.)</p> <p>1.1.5. Primjenjuje matematička znanja i vještine. (KEM SŠ D.1.2.)</p> <p>1.1.6. Uočava zakonitosti uopćavanjem podataka prikazanih tekstem, crtežom, modelima, tablicama i grafovima. (KEM SŠ D.1.3.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ♦ usporediti tvari po sastavu, vrsti i svojstvima ♦ razvrstati koloidne sustave prema svojstvima, sastavu i vrsti* ♦ predložiti postupak izdvajanja tvari iz smjese na temelju poznavanja kemijskoga sastava smjese i svojstava sastojaka smjese ♦ usporediti tvari na temelju periodičnosti kemijskih svojstava ♦ povezati polumjere atoma, relativni koeficijent elektronegativnosti, afinitet prema elektronu, energiju ionizacije atoma s položajem u periodnome sustavu elemenata i elektronskom strukturom atomske vrste

1. PODRUČJE TVARI		
POTPODRUČJE 1.1. SVOJSTVA, SASTAV I VRSTA TVARI		
KLJUČNI POJMOVI	OBRAZOVNI ISHODI IZ KURIKULUMA	RAZRADA OBRAZOVNIH ISHODA
<ul style="list-style-type: none"> ♦ postupak pripreme otopina zadanih koncentracija razrjeđivanjem otopine i otapanjem čvrstih tvari u otapalu ♦ otapanje soli, krivulja topljivosti, iskazivanje sastava zasićene otopine; zasićena, nezasićena i prezasićena otopina ♦ fazni dijagram čistih tvari ♦ utjecaj strukture, kemijske veze i međučestičnih interakcija na makroskopska svojstva tvari ♦ temeljna fizikalna svojstva tvari u čvrstome, tekućemu i plinovitome agregacijskom stanju: agregacijsko stanje, gustoća, vrelište, talište, tvrdoća, magnetičnost, hlapljivost, optička aktivnost, topljivost, viskoznost, površinska napetost, električna vodljivost talina i otopina ♦ koligativna svojstva otopina (sniženje ledišta, povišenje vrelišta, osmotski tlak, sniženje tlaka para otapala) ♦ definicije kiselina i baza (Arrheniusova, Brønsted–Lowryjeva i Lewisova teorija) ♦ konjugirani parovi kiselina i baza ♦ jakost kiselina i baza, ♦ pH–vrijednost, pH–skala ♦ hidroliza soli ♦ indikatori ♦ puferi ♦ fizikalna svojstva organskih spojeva: ugljikovodici, halogenalkani, alkoholi, aldehidi, ketoni, karboksilne kiseline, esteri ♦ opasnosti i mjere sigurnosti, mjere zaštite ♦ slikovne oznake (piktogrami) opasnosti i upozorenja 	<p>1.1.7. Analizira svojstva, sastav i vrstu tvari. (KEM SŠ A.2.1.)</p> <p>1.1.8. Kritički razmatra upotrebu tvari i njihov utjecaj na okoliš. (KEM SŠ A.2.3.)</p> <p>1.1.9. Primjenjuje matematička znanja i vještine. (KEM SŠ D.2.2.)</p> <p>1.1.10. Istražuje svojstva, sastav i vrstu tvari. (KEM SŠ A.3.1.)</p> <p>1.1.11. Primjenjuje matematička znanja i vještine. (KEM SŠ D.3.2.)</p> <p>1.1.12. Kritički razmatra upotrebu tvari i njihov utjecaj na čovjekovo zdravlje i okoliš. (KEM SŠ A.3.3.)</p> <p>1.1.13. Kritički razmatra utjecaj tvari na čovjeka i okoliš.* (KEM SŠ AB.4.8.)</p> <p>1.1.14. Istražuje svojstva, sastav i vrstu odabranih biomolekula primjenjujući kemijsko nazivlje i simboliku u okviru koncepta.* (KEM SŠ A.4.12.)</p> <p>1.1.15. Analizira kemijske promjene odabranih tvari.* (KEM SŠ B.4.19.)</p> <p>1.1.16. Povezuje svojstva odabranih tvari s njihovom primjenom.* (KEM SŠ AB.4.20.)</p> <p>1.1.17. Kritički razmatra informacije o materijalima.* (KEM SŠ A.4.21.)</p> <p>1.1.18. Istražuje svojstva, sastav, vrstu i dobivanje koloidnih sustava.* (KEM SŠ AB.4.25.)</p> <p>1.1.19. Povezuje utjecaj različitih čimbenika sa stabilnosti koloidnih sustava.* (KEM SŠ BC.4.26.)</p> <p>1.1.20. Kritički razmatra utjecaj i primjenu koloidnih sustava na život čovjeka i okoliš.* (KEM SŠ AB 4.27.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ♦ procijeniti vrstu kemijske veze na temelju razlike u elektronegativnosti povezanih atoma ♦ razlikovati ekstenzivna i intenzivna svojstva tvari ♦ izračunati maseni udio pojedinih vrsta atoma u spoju iz poznate molekulske ili strukturne formule spoja ♦ odrediti empirijsku i molekulsku formulu spoja na temelju kemijske analize ♦ izračunati brojnost, množinu tvari, molarnu masu i molarni volumen na temelju zadanih podataka ♦ primijeniti Daltonov zakon i jednadžbu stanja idealnoga plina ♦ izračunati maseni, volumni i množinski udio, množinsku i masenu koncentraciju te molalnost otopine ♦ primijeniti kemijski račun za pripremu otopine zadanoga sastava razrjeđivanjem otopine ili otapanjem čvrste tvari ♦ izračunati najveću masu soli koju je moguće otopiti u određenoj količini vode pri danoj temperaturi na temelju podatka o sastavu zasićene otopine ♦ iskazati topljivost masenim udjelom, masenom koncentracijom ili množinskom koncentracijom soli u zasićenoj otopini ♦ izračunati na temelju podataka o topljivosti i o masi dodane soli u određenu količinu otapala je li otopina nezasićena, prezasićena ili zasićena ♦ analizirati fazni dijagram čistih tvari: (a) agregacijsko stanje pri određenim uvjetima tlaka i temperature ili (b) temperaturu i tlak pri kojima dolazi do faznih promjena

1. PODRUČJE TVARI		
POTPODRUČJE 1.1. SVOJSTVA, SASTAV I VRSTA TVARI		
KLJUČNI POJMOVI	OBRAZOVNI ISHODI IZ KURIKULUMA	RAZRADA OBRAZOVNIH ISHODA
<p>Izborni sadržaj:</p> <ul style="list-style-type: none"> ♦ vrste koloidnih sustava, disperzno sredstvo i disperzna faza* ♦ svojstva koloidnih čestica (veličina, raspršenje svjetlosti – Tyndallov fenomen, sedimentacija, Brownovo gibanje), stabilnost koloida* ♦ organski spojevi: cikloalkani, amini i amidi* ♦ odabrane biomolekule: ugljikohidrati (monosaharidi, disaharidi, polisaharidi), aminokiseline, peptidi, proteini, enzimi, masti i ulja, vitamini, alkaloidi, nukleinske kiseline* ♦ površinski aktivne tvari, sapuni* ♦ organski i anorganski polimeri, prirodni i sintetski polimeri* 		<ul style="list-style-type: none"> ♦ usporediti fizikalna i kemijska svojstva različitih tvari s obzirom na vrstu kemijske veze ♦ usporediti fizikalna i kemijska svojstva različitih tvari s obzirom na građu i međučestično djelovanje ♦ usporediti fizikalna i kemijska svojstva različitih tvari s obzirom na uvjete okoline ♦ analizirati djelovanje različitih čimbenika na stabilnost koloidnih sustava* ♦ izračunati gustoću, volumen ili masu uzorka tvari na temelju zadanih podataka ♦ povezati sastav smjese s koligativnim svojstvima otopine ♦ izračunati promjenu koligativnih svojstava na temelju sastava otopine ♦ razlikovati sljedeće pojmove: kiselina, hidroksid i lužina u okviru Arrheniusove, Brønsted–Lowryjeve i Lewisove teorije ♦ odrediti koja je jedinka Brønsted–Lowryjeva kiselina, Brønsted–Lowryjeva baza i amfoterna jedinka u danome primjeru ♦ izračunati pH–vrijednosti i pOH–vrijednosti vodenih otopina na temelju zadanih koncentracija oksonijevih ili hidroksidnih iona ♦ predvidjeti pH–vrijednost vodenih otopina različitih tvari ♦ obrazložiti pH–vrijednost vodenih otopina različitih tvari pripadajućom jednadžbom kemijske reakcije u skladu s kiselinsko–baznim teorijama

1. PODRUČJE TVARI		
POTPODRUČJE 1.1. SVOJSTVA, SASTAV I VRSTA TVARI		
KLJUČNI POJMOVI	OBRAZOVNI ISHODI IZ KURIKULUMA	RAZRADA OBRAZOVNIH ISHODA
		<ul style="list-style-type: none"> ♦ procijeniti pH–vrijednost vodene otopine na temelju promjene boje različitih indikatora ili obrnuto na temelju pH–vrijednosti vodene otopine procijeniti boju indikatora ♦ usporediti kiseline, baze i pufere po sastavu, vrsti i svojstvima ♦ napisati ravnotežnu reakciju u puferskoj otopini ♦ usporediti organske tvari po sastavu, vrsti i svojstvima ♦ predvidjeti kemijsko djelovanje različitih tvari na zdravlje i okoliš ♦ navesti opasnosti i potrebne mjere sigurnosti tijekom rada s otrovnim, korozivnim i zapaljivim kemikalijama ♦ analizirati utjecaj štetnih tvari na čovjeka i okoliš* ♦ povezati svojstva i primjenu koloidnih sustava te njihov utjecaj na život i okoliš* ♦ prepoznati osnovne znakove opasnosti i upozorenja ♦ prepoznati uobičajeni kemijski pribor na crtežu ♦ navesti osnovne laboratorijske tehnike i pribor za točno određivanje volumena, mase i temperature
POTPODRUČJE 1.2. KEMIJSKO NAZIVLJE I SIMBOLIKA		
<ul style="list-style-type: none"> ♦ kvalitativno i kvantitativno značenje kemijskih simbola i formula ♦ formulska jedinka ♦ značenje kemijske formule: empirijska i molekulska formula ♦ jednadžbe kemijskih reakcija ♦ nazivlje i simbolika organskih i anorganskih spojeva prema IUPAC–u ♦ trivijalna imena organskih i anorganskih spojeva 	<p>1.2.1. Primjenjuje kemijsko nazivlje i simboliku za opisivanje sastava tvari. (KEM SŠ A.1.2.)</p> <p>1.2.2. Objašnjava vrste i svojstva kemijskih veza. (KEM SŠ B.1.1.)</p> <p>1.2.3. Povezuje potencijalnu energiju s kemijskim vezama između atoma unutar molekule te s međučestičnim djelovanjima. (KEM SŠ C.1.1.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ♦ napisati kemijsku formulu na temelju kemijskoga naziva tvari (ili obrnuto) ♦ kvalitativno i kvantitativno analizirati kemijske simbole i kemijske formule ♦ prikazati molekule organskih spojeva strukturnim formulama na temelju naziva spoja ili obrnuto ♦ imenovati organske spojeve prema nomenklaturi IUPAC–a

1. PODRUČJE TVARI		
POTPODRUČJE 1.3. GRAĐA TVARI		
KLJUČNI POJMOVI	OBRAZOVNI ISHODI IZ KURIKULUMA	RAZRADA OBRAZOVNIH ISHODA
<ul style="list-style-type: none"> ♦ elementi Lewisove simbolike (točkice, crtice i slovne oznake) ♦ nazivlje odabranih biomolekula: ugljikohidrati (monosaharidi, disaharidi, polisaharidi), aminokiseline (izoelektrična točka, zwitter ion), peptidi, proteini, enzimi, masti i ulja, vitamini, alkaloidi, nukleinske kiseline* ♦ osnovne subatomske čestice: broj protona (protonski, redni, atomski broj), broj nukleona (nukleonski, maseni broj) ♦ izotopi, nuklidi, nabojni broj, izobari* ♦ masa atoma i molekula, atomska jedinica mase, relativna atomska masa, relativna molekulska masa ♦ raspored elektrona po ljuskama i elektronska konfiguracija, valentni elektroni ♦ bohrov model atoma, energija, valna duljina i frekvencija elektromagnetskoga zračenja, osnovno i pobuđeno stanje, apsorpcija i emisija elektromagnetskoga zračenja, identifikacija tvari bojenjem plamena ♦ radioaktivni raspadi, radioaktivnost ♦ građa tvari u kojima su čestice povezane ionskom, kovalentnom i metalnom vezom ♦ vrste izomera: konstitucijski (strukturni) izomeri, stereoisomeri (cis/trans izomeri) ♦ struktura organskih molekula (molekulska formula, Lewisova strukturna formula i sažeta strukturna formula) ♦ asimetrično supstituirani ugljikov atom, optička aktivnost* ♦ prostorna građa molekule, VSEPR model 	<p>1.2.4. Primjenjuje kemijsko nazivlje i simboliku za opisivanje sastava tvari. (KEM SŠ A.2.2.)</p> <p>1.2.5. Primjenjuje kemijsko nazivlje i simboliku za opisivanje sastava tvari. (KEM SŠ A.3.2.)</p> <p>1.2.6. Istražuje svojstva, sastav i vrstu odabranih biomolekula primjenjujući kemijsko nazivlje i simboliku u okviru koncepta.* (KEM SŠ A.4.12.)</p> <p>1.3.1. Povezuje građu tvari s njihovim svojstvima. (KEM SŠ A.1.3.)</p> <p>1.3.2. Objašnjava vrste i svojstva kemijskih veza. (KEM SŠ B.1.1.)</p> <p>1.3.3. Povezuje potencijalnu energiju s kemijskim vezama između atoma unutar molekule te s međučestičnim djelovanjima. (KEM SŠ C.1.1.)</p> <p>1.3.4. Primjenjuje matematička znanja i vještine. (KEM SŠ D.1.2.)</p> <p>1.3.5. Uočava zakonitosti uopćavanjem podataka prikazanih tekstom, crtežom, modelima, tablicama i grafovima. (KEM SŠ D.1.3.)</p> <p>1.3.6. Povezuje građu atoma s energijom te s fizikalnim i kemijskim svojstvima tvari.* (KEM SŠ ABC.4.1.)</p> <p>1.3.7. Analizira međudjelovanja tvari s elektromagnetskim zračenjem.* (KEM SŠ BC.4.2)</p> <p>1.3.8. Povezuje rezultate pokusa s konceptualnim spoznajama.* (KEM SŠ D.4.3.)</p> <p>1.3.9. Primjenjuje matematička znanja i vještine.* (KEM SŠ D.4.4.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ♦ prepoznati funkcijske skupine u molekulama organskih spojeva i obrnuto, prepoznati vrstu organskoga spoja na temelju zadane funkcijske skupine ♦ prepoznati asimetrično supstituirani ugljikov atom* ♦ prikazati Lewisove simbole atomskih vrsta te strukturne formule anorganskih i organskih molekula i iona ♦ odrediti protonski (atomski) broj, nukleonski (maseni) broj ♦ prepoznati različite nuklide, izotope i izoelektronske vrste ♦ izračunati masu atoma ili molekula, relativnu atomsku masu ili relativnu molekulsku masu na temelju zadanih podataka ♦ prikazati raspored elektrona po ljuskama električki neutralnih i nabijenih atomskih vrsta s obzirom na položaj u periodnome sustavu elemenata ♦ analizirati prijelaze atoma iz osnovnog stanja u pobuđeno stanje i obratno ♦ povezati promjene energijskih stanja atoma ili molekule s emisijskim i apsorpcijskim spektrima na temelju boje plamena ili boje tvari ♦ predvidjeti vrstu čestica koje nastaju tijekom α- i β-radioaktivnoga raspada ♦ napisati jednadžbu reakcije radioaktivnoga raspada ♦ izračunati energiju elektromagnetskoga zračenja ♦ odrediti kojom vrstom veze su povezani atomi unutar molekule/spoja/tvari ♦ predvidjeti prostornu građu molekule ili iona na temelju VSEPR teorije

1. PODRUČJE TVARI		
POTPODRUČJE 1.3. GRADA TVARI		
KLJUČNI POJMOVI	OBRAZOVNI ISHODI IZ KURIKULUMA	RAZRADA OBRAZOVNIH ISHODA
<ul style="list-style-type: none"> ♦ energija međudjelovanja: Van der Waalsove interakcije, vodikove veze ♦ amorfne tvari i kristali ♦ prostorna građa kristala ♦ vrste kristala prema vrsti građevne jedinice (atomi, molekule, ioni) ♦ kubični kristalni sustav 		<ul style="list-style-type: none"> ♦ razlikovati izomere organskih spojeva na temelju njihovih imena ili strukturnih formula ♦ predvidjeti dominantnu vrstu međumolekulskih interakcija na temelju građe molekula ♦ prikazati elektronsku konfiguraciju atoma i iona u osnovnome stanju ♦ povezati građu elektronskoga omotača s položajem kemijskoga elementa u periodnome sustavu elemenata ♦ prepoznati primjere molekula koje se mogu udruživati vodikovim vezama ♦ razlikovati amorfne tvari, kristale, polimorfe i alotrope

Tablica 2. Razrada područja Promjene i procesi na potpodručja te pripadajući ključni pojmovi, obrazovni ishodi i razrada ishoda

2. PODRUČJE PROMJENE I PROCESI		
POTPODRUČJE 2.1. KEMIJSKE REAKCIJE ORGANSKIH I ANORGANSKIH TVARI		
KLJUČNI POJMOVI	OBRAZOVNI ISHODI IZ KURIKULUMA	RAZRADA OBRAZOVNIH ISHODA
<ul style="list-style-type: none"> ♦ kvalitativno i kvantitativno značenje jednadžbe kemijske reakcije, stehiometrijski koeficijent, strelice za povratnu, unaprednu, unazadnu i ravnotežnu reakciju ♦ množina reakcijskih pretvorba (doseg kemijske reakcije), stehiometrija kemijskih reakcija ♦ mjerodavni reaktant i reaktant u suvišku ♦ iskorištenje reakcije ♦ periodičnost kemijskih svojstava: kemijska reaktivnost prema položaju elemenata u periodnome sustavu ♦ metali: Na, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Al; Nemetali: H, Cl, O, S, C, N, P ♦ analiza, sinteza ♦ kvalitativna analiza, reakcije dokazivanja organskih spojeva (Fehlingov reagens, Tollensov reagens, biuret reakcija, ksantoproteinska reakcija, Lugolova otopina) i anorganskih spojeva (taloženje slabo topljivih soli, npr. srebrovih halogenida i sulfida te karbonata i sulfata zemnoalkalijskih metala) ♦ oksidacijski broj, oksidacija i redukcija, oksidacijsko i redukcijско sredstvo ♦ redoks–reakcije ♦ priprava i tipične kemijske reakcije organskih spojeva (ugljikovodici, halogenalkani, alkoholi, aldehidi, ketoni, karboksilne kiseline, esteri), npr.: –gorenje – piroliza – adicija – eliminacija – supstitucija 	<p>2.1.1. Analizira fizikalne i kemijske promjene. (KEM SŠ B.1.2.)</p> <p>2.1.2. Analizira kemijske promjene na primjerima reakcija anorganskih i organskih tvari. (KEM SŠ B.2.2.)</p> <p>2.1.3. Analizira kemijske promjene na primjerima reakcija anorganskih i organskih tvari. (KEM SŠ B.3.3.)</p> <p>2.1.4. Povezuje rezultate pokusa s konceptualnim spoznajama. (KEM SŠ D.1.1.)</p> <p>2.1.5. Primjenjuje matematička znanja i vještine. (KEM SŠ D.1.2.)</p> <p>2.1.6. Primjenjuje matematička znanja i vještine. (KEM SŠ D.2.2.)</p> <p>2.1.7. Primjenjuje matematička znanja i vještine. (KEM SŠ D.3.2.)</p> <p>2.1.8. Analizira kemijske promjene na primjerima reakcija u okolišu.* (KEM SŠ AB.4.7.)</p> <p>2.1.9. Kritički razmatra utjecaj tvari na čovjeka i okoliš.* (KEM SŠ AB.4.8.)</p> <p>2.1.10. Istražuje kemijske promjene odabranih biomolekula.* (KEM SŠ B.4.13.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ♦ napisati odgovarajuću jednadžbu kemijske reakcije na temelju podataka prikazanih na dijagramu ovisnosti koncentracije ili parcijalnog tlaka sudionika reakcije o vremenu i obrnuto ♦ izračunati množinu, masu ili volumen utrošenoga reaktanta i/ili nastalog produkta na temelju zadanih podataka za promjenu opisanu jednadžbom kemijske reakcije ♦ odrediti mjerodavni reaktant i reaktant u suvišku na temelju podataka o količini reaktanata u reakcijskome sustavu ♦ izračunati iskorištenje kemijske reakcije ♦ predvidjeti kemijsku reaktivnost elementarnih tvari i njihovih spojeva na temelju položaja elemenata u periodnome sustavu ♦ opisati i analizirati kemijske promjene na primjerima reakcija u okolišu* ♦ predvidjeti reaktante i produkte kemijskih reakcija anorganskih spojeva ♦ prikazati jednadžbama kemijskih reakcija tipične reakcije anorganskih spojeva (s označenim agregacijskim stanjima ili bez označenih agregacijskih stanja) ♦ odrediti oksidacijski broj atoma, reakciju oksidacije i redukcije te oksidacijsko i redukcijско sredstvo u zadanome primjeru kemijske reakcije

2. PODRUČJE PROMJENE I PROCESI		
POTPODRUČJE 2.1. KEMIJSKE REAKCIJE ORGANSKIH I ANORGANSKIH TVARI		
KLJUČNI POJMOVI	OBRAZOVNI ISHODI IZ KURIKULUMA	RAZRADA OBRAZOVNIH ISHODA
<ul style="list-style-type: none"> ♦ priprava i tipične kemijske reakcije anorganskih spojeva (kiselinae, baze, soli, oksidi metala i nemetala, hidridi), npr.: – reakcije metala i nemetala s kisikom – reakcija oksida metala ili nemetala s vodom – reakcije metala s kiselinama – reakcije metala s vodenim otopinama soli – reakcija oksida metala s kiselinom – reakcija oksida nemetala s lužinom – termički raspad – ionizacija kiselina, hidroksida i soli u vodi – reakcija neutralizacije – hidroliza soli <p>Izborni sadržaj:</p> <ul style="list-style-type: none"> ♦ analitički postupci kvalitativne i kvantitativne analize uzorka vode, zraka i tla* ♦ ciklizacija glukoze i fruktoze, glikozidna veza, esterifikacija glicerola i viših masnih kiselina, bazična i kiselna hidroliza masti i ulja, peptidna veza* 		<ul style="list-style-type: none"> ♦ napisati jednadžbe polureakcija za oksidaciju i redukciju te napisati ukupnu jednadžbu redoks–reakcije (s označenim agregacijskim stanjima ili bez označenih agregacijskih stanja) za zadani redoks–proces ♦ predvidjeti reaktante i produkte kemijskih reakcija organskih spojeva ♦ prikazati jednadžbama kemijskih reakcija tipične reakcije organskih spojeva (s označenim agregacijskim stanjima ili bez označenih agregacijskih stanja) ♦ prikazati jednadžbama kemijskih reakcija tipične reakcije odabranih biomolekula (s označenim agregacijskim stanjima ili bez označenih agregacijskih stanja)* ♦ razlikovati vrste reakcija organskih spojeva ♦ razlikovati karakteristične reakcije za dokazivanje organskih spojeva ♦ razlikovati karakteristične reakcije za dokazivanje biomolekula*
POTPODRUČJE 2.2. BRZINA KEMIJSKIH REAKCIJA		
<ul style="list-style-type: none"> ♦ vrijednost brzine nastajanja produkata, grafički prikazi ovisnosti koncentracije sudionika o vremenu i obrnuto ♦ ovisnost brzine kemijske reakcije o: koncentraciji reaktanata, površini reaktanta u čvrstome stanju, temperaturi i agregacijskome stanju reaktanta ♦ energija aktivacije, reakcijski dijagram, katalizatori i inhibitori, enzimi 	<p>2.2.1. Analizira brzine različitih promjena. (KEM SŠ B.2.1.)</p> <p>2.2.2. Analizira brzine različitih promjena. (KEM SŠ B.3.1.)</p> <p>2.2.3. Procjenjuje utjecaj čimbenika na sastav reakcijske smjese u ravnotežnome sustavu. (KEM SŠ B.3.2.)</p> <p>2.2.4. Primjenjuje matematička znanja i vještine. (KEM SŠ D.2.2.)</p> <p>2.2.5. Primjenjuje matematička znanja i vještine. (KEM SŠ D.3.2.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ♦ napisati izraz za prosječnu brzinu kemijske reakcije ♦ izračunati prosječnu brzinu kemijske reakcije, prosječnu brzinu trošenja reaktanta ili prosječnu brzinu nastajanja produkta ♦ analizirati utjecaj različitih čimbenika na brzinu kemijske reakcije ♦ analizirati utjecaj katalizatora i/ili inhibitora na energiju aktivacije i brzinu kemijske reakcije

2. PODRUČJE PROMJENE I PROCESI		
POTPODRUČJE 2.2. BRZINA KEMIJSKIH REAKCIJA		
KLJUČNI POJMOVI	OBRAZOVNI ISHODI IZ KURIKULUMA	RAZRADA OBRAZOVNIH ISHODA
	2.2.6. Istražuje kemijske promjene odabranih biomolekula.* (KEM SŠ B.4.13.)	
POTPODRUČJE 2.3. KEMIJSKA RAVNOTEŽA		
<ul style="list-style-type: none"> ♦ kemijska ravnoteža, konstanta ravnoteže, prikazivanje kemijske ravnoteže jednadžbom kemijske reakcije ♦ empirijske konstante ravnoteže (tlačna, koncentracijska) ♦ Le Chatelierovo načelo: utjecaj tlaka, temperature i sastava reakcijske smjese na ravnotežu ♦ primjeri ravnotežnih reakcija: kiselinsko–bazne ravnoteže, otapanje plinova u vodi, otapanje soli u vodi ♦ ionizacija vode, konstanta ionizacije vode ♦ titracija jake kiseline jakom bazom (i obrnuto) ♦ ionizacija kiselina i baza, stupanj ionizacije, konstanta ionizacije ♦ ravnoteže protonacije i deprotonacije aminokiselina (izoelektrična točka, zwitter ion)* 	2.3.1. Procjenjuje utjecaj čimbenika na sastav reakcijske smjese u ravnotežnome sustavu. (KEM SŠ B.3.2.) 2.3.2. Analizira kemijske promjene na primjerima reakcija anorganskih i organskih tvari. (KEM SŠ B.3.3.) 2.3.3. Povezuje rezultate pokusa s konceptualnim spoznajama. (KEM SŠ D.3.1.) 2.3.4. Primjenjuje matematička znanja i vještine. (KEM SŠ D.3.2.)	<ul style="list-style-type: none"> ♦ napisati izraz za empirijsku konstantu ravnoteže zadane kemijske reakcije i obrnuto, ♦ izračunati vrijednost konstante ravnoteže na temelju sastava ravnotežne reakcijske smjese ili obrnuto ♦ analizirati sastav reakcijske smjese u stanju ravnoteže na temelju zadane vrijednosti konstante ravnoteže i/ili na temelju zadanoga grafičkog prikaza ♦ procijeniti utjecaj čimbenika na sastav reakcijske smjese u ravnotežnome sustavu ♦ izračunati vrijednost konstante ravnoteže ionizacije vode pri određenoj temperaturi na temelju pH–vrijednosti čiste vode ili obrnuto ♦ izračunati množinsku koncentraciju titrirane jake kiseline (ili jake lužine) na temelju navedenih rezultata titracije jake kiseline jakom lužinom (ili obrnuto) ♦ izračunati stupanj ionizacije slabe kiseline ili slabe baze i sastav ravnotežne smjese na temelju konstante ionizacije (ili obrnuto) ♦ usporediti jakost zadanih kiselina (ili baza) na temelju vrijednosti konstante ravnoteže ionizacije kiseline (ili baze)

Tablica 3. Razrada područja Energija na potpodručja te pripadajući ključni pojmovi, obrazovni ishodi i razrada ishoda

3. PODRUČJE ENERGIJA		
POTPODRUČJE 3.1. TERMOKEMIJA		
KLJUČNI POJMOVI	OBRAZOVNI ISHODI IZ KURIKULUMA	RAZRADA OBRAZOVNIH ISHODA
<ul style="list-style-type: none"> ♦ izmjena energije između sustava i okoline, toplina, rad ♦ entalpija, reakcijska entalpija, promjena entalpije s dosegom kemijske reakcije, egzotermne i endotermne promjene ♦ promjene energije u sustavu ♦ izmjena energije tijekom kemijskih reakcija ♦ entalpije stvaranja i sagorijevanja ♦ entalpije faznih promjena ♦ kalorimetrijski pokus ♦ specifični i molarni toplinski kapacitet ♦ entalpijski dijagram ♦ energijske promjene pri otapanju (entalpija razaranja kristalne strukture, entalpija hidratacije) ♦ entalpija veze ♦ energijske promjene tijekom biokemijskih reakcija 	<p>3.1.1. Povezuje promjene s pretvorbom energije unutar sustava. (KEM SŠ C.2.1.)</p> <p>3.1.2. Analizira izmjenu energije između sustava i okoline i povezuje ih s promjenama tijekom kemijske reakcije. (KEM SŠ C.2.2.)</p> <p>3.1.3. Povezuje potencijalnu energiju s kemijskim vezama između atoma unutar molekule te s međučestičnim djelovanjima. (KEM SŠ C.1.1.)</p> <p>3.1.4. Povezuje kinetičku energiju s prosječnom brzinom gibanja atoma i molekula u sustavu te s temperaturom. (KEM SŠ C.1.2.)</p> <p>3.1.5. Povezuje rezultate pokusa s konceptualnim spoznajama. (KEM SŠ D.2.1.)</p> <p>3.1.6. Primjenjuje matematička znanja i vještine. (KEM SŠ D.2.2.)</p> <p>3.1.7. Uočava zakonitosti uopćavanjem podataka prikazanih tekstom, crtežom, modelima, tablicama i grafovima. (KEM SŠ D.2.3.)</p> <p>3.1.8. Analizira promjene energije tijekom izmjene i pretvorbe energije u okolišu.* (KEM SŠ C.4.6.)</p> <p>3.1.9. Istražuje energijske pretvorbe tijekom biokemijskih reakcija.* (KEM SŠ C.4.14.)</p> <p>3.1.10. Predviđa promjene energije tijekom kemijskih promjena.* (KEM SŠ C.4.18.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ♦ razlikovati sustav od okoline te načine izmjene tvari i energije između sustava i okoline (toplina i rad) ♦ razlikovati egzotermne i endotermne promjene ♦ navesti energijske promjene do kojih dolazi tijekom promjene agregacijskoga stanja ili tijekom kemijske reakcije ♦ izračunati promjenu entalpije i reakcijsku entalpiju ♦ analizirati promjene energije tijekom kemijskih promjena odabranih spojeva koristeći se reakcijskim entalpijama ili entalpijama veza* ♦ prikazati entalpijskim dijagramom odnose entalpija reaktanata i produkata te smjer reakcijske promjene (i obrnuto) ♦ predvidjeti utjecaj temperature na topljivost soli u vodi na temelju energijskih promjena tijekom otapanja

3. PODRUČJE ENERGIJA		
POTPODRUČJE 3.2. ELEKTROKEMIJA		
KLJUČNI POJMOVI	OBRAZOVNI ISHODI IZ KURIKULUMA	RAZRADA OBRAZOVNIH ISHODA
<ul style="list-style-type: none"> ♦ elektrokemijski članci: galvanski članci i elektrolizni članci, pozitivna elektroda, negativna elektroda, elektrolit, anion, kation, elektrolitni most ♦ elektrokemijski (Voltin) niz ♦ veza kemijske reaktivnosti i elektrokemijskoga niza ♦ elektroliza vode, talina i vodenih otopina elektrolita ♦ kvantitativni odnosi pri elektrolizi, Faradayev zakon elektrolize 	<p>3.2.1. Analizira promjene u elektrokemijskim člancima. (KEM SŠ C.3.1.)</p> <p>3.2.2. Uočava zakonitosti uopćavanjem podataka prikazanih crtežima, grafikonima i tablicama. (KEM SŠ D.3.3.)</p> <p>3.2.3. Primjenjuje matematička znanja i vještine. (KEM SŠ D.3.2.)</p> <p>3.2.4. Analizira kemijske promjene na primjerima reakcija anorganskih i organskih tvari. (KEM SŠ B.3.3.)</p> <p>3.2.5. Povezuje množinu izlučene tvari na elektrodama s količinom naboja. (KEM SŠ C.3.2.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ♦ prikazati zadani elektrokemijski članak crtežom i/ili shematski ♦ opisati promjene na elektrodama zadanoga elektrokemijskoga članka primjenom elektrokemijskoga (Voltina) niza ♦ izračunati razliku standardnih elektrodnih potencijala na temelju zadanih standardnih redukcijskih elektrodnih potencijala polučlanaka ♦ napisati jednadžbe reakcija na elektrodama i/ili jednadžbu ukupne reakcije u elektrokemijskome članku (s označenim agregacijskim stanjima ili bez označenih agregacijskih stanja) ♦ predvidjeti moguće reakcije do kojih će doći između zadanih tvari primjenom elektrokemijskoga (Voltina) niza ♦ napisati jednadžbe kemijskih reakcija do kojih će doći između zadanih tvari (s označenim agregacijskim stanjima ili bez označenih agregacijskih stanja) na temelju elektrokemijskoga (Voltina) niza ♦ povezati odnos naboja koji protječe elektroliznim člankom s promjenom mase na elektrodama ili volumenom plina razvijenoga na elektrodama

* Obrazovni ishodi označeni zvjezdicom, kao i pripadajuća razrada ishoda te ključni pojmovi predstavljaju sadržaj nastavnoga predmeta Kemije u 4. razredu srednje škole i bit će ispitani prema strukturi ispita navedenoj u tablici 16.

2.2. PRIMJERI POKUSA

Uloga pokusa u nastavi Kemije jest neposredno upoznavanje učenika s procesima i pojavama u prirodi opažanjem i zaključivanjem. Pokusi pridonose konceptualnomu razumijevanju kemijskih sadržaja i povezivanju tih sadržaja sa sadržajima drugih prirodnih i znanstvenih disciplina. Rad u laboratoriju povezuje usvojena teorijska znanja s primjenom tih znanja. U ovome su katalogu predloženi i razrađeni pokusi koji obuhvaćaju više kemijskih koncepata.

Jednostavno se izvode, ne zahtijevaju skupu opremu i kemikalije, u skladu su s upotrebom ekoloških i manje opasnih tvari te su s obzirom na to primjenjivi na svim razinama obrazovanja. Predloženi pokusi slijede područja ispitivanja prema ispitnome katalogu. Budući da je kemija eksperimentalna znanost, ciljeve nastave poželjno je ostvarivati izvođenjem eksperimentalnoga rada sukladno materijalnim uvjetima. O ulozi pokusa kao središnjega izvora znanja pri ostvarivanju zadaća nastave Kemije govori niz znanstvenih i stručnih zapisa koji jednoznačno potvrđuju da se pedagoška i metodička načela bolje provode upotrebom pokusa u nastavi Kemije nego upotrebom drugih izvora znanja. Navedeno je razvidno pri ostvarivanju didaktičkih načela zornosti, aktivnosti, razvoja sistematičnosti i postupnosti i dr. Pokuse treba izabrati prema raspoloživim, pristupačnim i ekološki opravdanim kemikalijama. Izbor odgovarajućega pribora za rad te poštivanje mjera opreza i zaštite tijekom rada važni su čimbenici u planiranju eksperimentalnoga rada.

Zadaća je nastavnika metodički oblikovati tijek rada i prikaz prikupljenih podataka te potaknuti učenike na interpretaciju rezultata pokusa.

Pokusi navedeni u ispitnome katalogu sadrže popis pribora i kemikalija, potrebne mjere opreza i zaštite te postupak i smjernice za izvođenje pokusa s pripadajućim ishodima učenja. Smjernice pri izvođenju pokusa pomoći će učenicima i nastavnicima prepoznati kemijske sadržaje na koje treba obratiti pozornost, a obrazovni ishodi povezani su s nastavnim sadržajem jednoga ili više područja. Na taj je način moguće pridonijeti boljemu povezivanju praktičnoga rada i povezivanju rezultata rada s usvojenim teorijskim znanjima, a dodatnu vrijednost predstavljaju vještine rukovanja i rada s kemikalijama i priborom te razvijanje motoričkih kompetencija učenika. Nadalje, za pojedine pokuse priložena je slika uređaja koja olakšava izvedbu pokusa i usmjerava pozornost učenika na uobičajeni kemijski pribor i osnovne laboratorijske tehnike rada. Izvedba svakoga predloženog pokusa može se još dodatno prilagoditi uvjetima rada odabirom raspoloživih kemikalija i pribora.

Pokus 1. RAZDVAJANJE SASTOJAKA IZ SMJESE

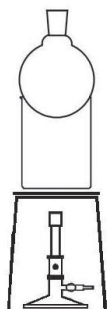
Zadatak: odvojiti sastojke iz odabranih heterogenih i homogenih smjesa

Pribor i kemikalije: dvije čaše od 100 mL, stalak, dvije mrežice (ili staklokeramičke pločice), dvije okrugle tikvice, plamenik, šibice, spatula, žlica, satno staklo, lupa, boca štrcaljka, stakleni štapić, kapaljka, lijevak, filtrirni papir, četiri metalna stalka, dvije stezaljke, uglata hvataljka, obla hvataljka, Erlenmeyerova tikvica od 100 mL, Petrijeve zdjelice, dva metalna prstena, nastavak za destilaciju, termometar, Liebigovo hladilo, lula, natrijev klorid, jod, pijesak, destilirana voda, kamenčići za vrenje

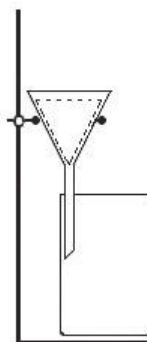
Mjere opreza: Tijekom rada s jodom potrebno je koristiti se zaštitnim naočalama i rukavicama. Pare joda nadražuju sluznicu oka i dišnih organa. Pokus treba izvesti u digestoru ili uz otvoreni prozor.

Postupak:

1. u čašu staviti smjesu joda, natrijeva klorida i pijeska
2. čašu sa smjesom staviti na stalak s mrežicom i poklopiti je okruglom tikvicom (**slika 1.1.**)
3. u okruglu tikvicu uliti hladnu vodu do pola volumena tikvice
4. zagrijavati čašu sa smjesom slabim plamenom sve dok ne prestanu nastajati pare joda koje se nakupljaju na hladnome dnu okrugle tikvice
5. prekinuti zagrijavanje, maknuti okruglu tikvicu pazeći da se prstima ne dotiče dno tikvice, ostrugati spatulom kristaliće s dna tikvice u Petrijevu zdjelicu, poklopiti drugom Petrijevom zdjelicom i pogledati kristaliće joda pod lupom
6. kada se čaša s ostatkom smjese ohladi, dodati 50 mL destilirane vode i promiješati staklenim štapićem
7. pripremiti uređaj za filtraciju (**slika 1.2.**), navlažiti vodom filtrirni papir u lijevku i na njega preko staklenoga štapića izliti sadržaj čaše, filtrat skupljati u drugu čašu

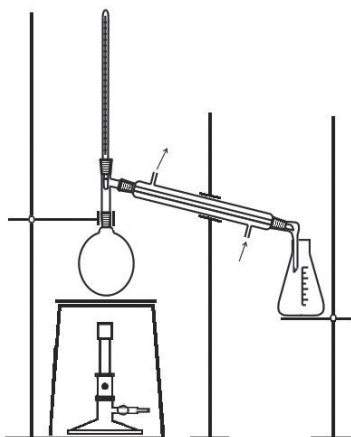


Slika 1.1. Uređaj za sublimaciju



Slika 1.2. Uređaj za filtraciju

8. složiti uređaj za destilaciju (slika 1.3.)



Slika 1.3. Uređaj za destilaciju

9. u tikvicu za destilaciju uliti filtrat iz čaše i dodati kamenčiće za vrenje
10. zagrijavati šuštećim plamenom otopinu u tikvici za destilaciju do vrenja
11. kada kapne prva kap destilata u tikvicu, na termometru očitati temperaturu
12. zagrijavati dok se u tikvici ne sakupi nekoliko mililitara destilata
13. zagrijavanjem jedne kapi destilata na satnome staklu dokazati da je destilat čista voda

Smjernice pri izvođenju pokusa:

1. Imenujte dijelove uređaja za sublimaciju, filtraciju i destilaciju.
2. Usporedite boju kristalića joda s bojom para joda.
3. Usporedite izgled kristalića joda prije i nakon sublimacije.
4. Na temelju opažanja tijekom pokusa usporedite topljivost natrijeva klorida i pijeska u vodi.
5. Usporedite očitane vrijednosti temperature tijekom destilacije s vrelištem vode pri tlaku 1 bar.
6. Razmislite zašto je temperatura tijekom destilacije stalna iako se smjesa zagrijava.
7. Zaključite o kakvim se smjesama (homogenim ili heterogenim) radi prije svakoga pojedinog postupka odjeljivanja.
8. Zaključite o kojim svojstvima sastojaka smjese ovisi izbor postupka za odvajanje tvari iz smjese.
9. Uočite znakove opasnosti i upozorenja na bočici s jodom.

Obrazovni ishodi:

KEM SŠ A.1.1. Analizira svojstva, sastav i vrstu tvari.

KEM SŠ A.1.3. Povezuje građu tvari s njihovim svojstvima.

KEM SŠ A.1.4. Kritički razmatra upotrebu tvari i njihov utjecaj na okoliš.

KEM SŠ C.1.3. Povezuje svojstva tvari s vrstom kemijske veze i međučestičnim djelovanjima.

KEM SŠ D.1.1. Povezuje rezultate pokusa s konceptualnim spoznajama.

Pokus 2. EKSTRAKCIJA Klorofila iz listova Špinata i KROMATOGRFIJA EKSTRAKTA

Zadatak: odvojiti klorofil iz listova špinata

Pribor i kemikalije: tarionik s tučkom, nož, Erlenmeyerova tikvica od 50 mL, čaša od 100 mL, Petrijeva zdjelica, satno staklo, gumeni čep za tikvicu, menzura od 10 mL, kapilara, lijevak, filtrirni papir, listovi špinata, etanol, petroleter, kreda

Mjere opreza: Tijekom rada s etanolom i petroleterom potrebno je koristiti se zaštitnim naočalama i rukavicama, ne smije se raditi u blizini otvorenoga plamena i treba prozračiti učionicu.

Postupak:

1. listove špinata usitniti nožem, a zatim ih u tarioniku dobro izgnječiti, doliti 5 mL etanola i dobro promiješati tučkom
2. dobivenu smjesu pažljivo filtrirati, a filtrat skupljati u Erlenmeyerovu tikvicu i začepiti
3. na školskoj kredi olovkom povući crtu (startnu liniju) oko 1 cm od donjega ruba, na sredinu crte kapilaram nanijeti uzorak smjese iz Erlenmeyerove tikvice
4. kredu postaviti uspravno u čašu s petroleterom tako da startna linija s uzorkom bude iznad razine petroletera, čašu poklopiti satnim staklom, pričekati da se otapalo podigne 1 cm ispod vrha krede, a zatim izvaditi kredu i na njoj olovkom povući crtu do koje je došlo otapalo, ostaviti kredu da se osuši i zabilježiti opažanja
5. izmjeriti udaljenost do koje je došlo otapalo od startne linije (d_2), a zatim izmjeriti udaljenost centra mrlje od startne linije (d_1), izmjerene vrijednosti upisati u **tablicu 4.** i izračunati R_f -vrijednosti za tvari u uzorku

Opažanja:

Tablica 4. Kromatografija ekstrakta klorofila iz špinata

FRONTA	d_1 /cm	d_2 /cm	R_f -vrijednost
OTAPALO			
MRLJA 1			
MRLJA 2			

Smjernice pri izvođenju pokusa:

1. Objasnite razlog usitnjavanja lišća špinata prije ekstrakcije.
2. Na temelju opažanja boje etanola prije i poslije ekstrakcije zaključite koja se tvar iz listova špinata ekstrahirala u etanol.
3. Promotrite kretu nakon kromatografije i zaključite je li ekstrakt čista tvar ili smjesa.
4. Razmislite što je u predloženome pokusu pokretna (mobilna) faza, a što nepokretna (stacionarna) faza.
5. Razmislite o čemu ovisi R_f -vrijednost.
6. Objasnite na kojim se fizikalno-kemijskim procesima temelje kromatografske metode odjeljivanja.
7. Uočite znakove opasnosti i upozorenja na bočicama s etanolom i petroleterom.

Obrazovni ishodi:

KEM SŠ A.1.1. Analizira svojstva, sastav i vrstu tvari.

KEM SŠ A.1.4. Kritički razmatra upotrebu tvari i njihov utjecaj na okoliš.

KEM SŠ D.1.1. Povezuje rezultate pokusa s konceptualnim spoznajama.

KEM SŠ D.1.2. Primjenjuje matematička znanja i vještine.

Pokus 3. ODREĐIVANJE GUSTOĆE METALA

Zadatak: odrediti gustoće odabranih metala

Pribor i kemikalije: četiri menzure od 25 mL, vaga, voda, pločice cinka, bakra, aluminija i olova

Postupak:

1. izvagati metalne pločice i upisati podatke u **tablicu 5**.
2. u menzuru uliti 15 – 20 mL vode, očitati volumen ($V_1(\text{H}_2\text{O})$) i upisati podatak u **tablicu 5**.

Napomena: Veličinu menzure i volumen vode treba prilagoditi veličini uzorka metala.

3. uroniti pločicu cinka u menzuru, očitati volumen ($V_2(\text{H}_2\text{O} + \text{metal})$) i upisati podatak u **tablicu 5**.
4. ponoviti postupak s ostalim metalnim pločicama i upisati podatke u **tablicu 5**.
5. iz razlike očitanih volumena odrediti volumen uzorka metala ($V_3(\text{metal})$)
6. izračunati gustoće (uzorka) metalnih pločica i usporediti ih s podacima iz literature
7. izračunati relativnu pogrešku mjerenja koristeći se izrazom: $P = \frac{|r_i - r_l|}{r_l} \times 100 \%$

gdje je ρ_i eksperimentalno određena vrijednost gustoće, a ρ_l literaturna vrijednost gustoće

Opažanja:

Tablica 5. Određivanje gustoće metala pri sobnoj temperaturi

Metal	POKUS					LITERATURA	Relativna pogreška mjerenja P
	m/g	$V_1(\text{H}_2\text{O})/\text{cm}^3$	$V_2(\text{H}_2\text{O} + \text{metal})/\text{cm}^3$	$V_3(\text{metal})/\text{cm}^3$	$\rho(\text{metal})/\text{g cm}^{-3}$	$\rho(\text{metal})/\text{g cm}^{-3}$	
Zn							
Al							
Cu							
Pb							

Smjernice pri izvođenju pokusa:

1. Na temelju određenih gustoća procijenite pripadaju li promatrani metali lakim ili teškim metalima.
2. Usporedite izmjerene gustoće metala s podacima iz literature i izračunajte relativnu pogrešku mjerenja.
3. Na temelju podataka iz literature zaključite kako se mijenjaju vrijednosti gustoće metala u periodi, a kako u skupini periodnoga sustava elemenata.
4. Razmislite ovisi li gustoća metala o masi uzorka.
5. Zaključite je li gustoća tvari intenzivno ili ekstenzivno svojstvo.
6. Predložite metodu određivanja gustoće uzoraka plina i tekućine.

Obrazovni ishodi:

KEM SŠ A.1.1. Analizira svojstva, sastav i vrstu tvari.

KEM SŠ A.1.4. Kritički razmatra upotrebu tvari i njihov utjecaj na okoliš.

KEM SŠ B.2.2. Analizira kemijske promjene anorganskih i organskih tvari.

KEM SŠ D.1.1. Povezuje rezultate pokusa s konceptualnim spoznajama.

KEM SŠ D.1.2. Primjenjuje matematička znanja i vještine.

Pokus 4. TOPLJIVOST SOLI U VODI

Zadatci: odrediti topljivost odabrane soli u vodi pri različitim temperaturama, grafički prikazati ovisnost topljivosti te soli o temperaturi

Pribor i kemikalije: epruveta, stalak za epruvete, vaga, termometar, plamenik, šibice, menzura od 10 mL, boca štrcaljka, drvena hvataljka za epruvetu, destilirana voda, kalijev nitrat (ili ostale soli, no u tome je slučaju potrebno prilagoditi masu soli i volumen vode prema podacima o topljivosti soli: kalijev klorid, natrijev acetat ili kalijev hidrogensulfat)

Mjere opreza: Tijekom rada potrebno je koristiti se zaštitnim naočalama.

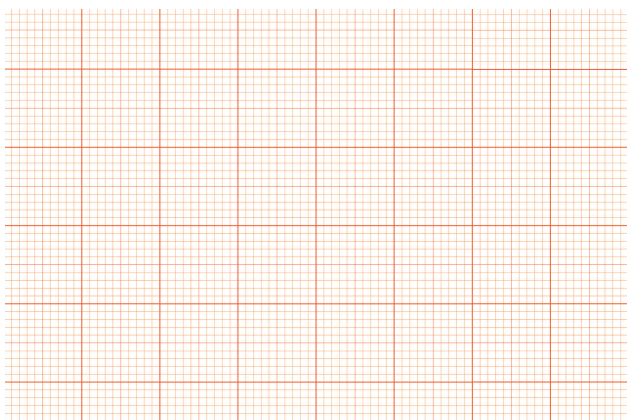
Postupak:

1. u epruveti otopiti 4,0 g kalijeva nitrata u 2,5 mL destilirane vode (pretpostavite da je gustoća vode 1 g/mL)
2. epruvetu uhvatiti drvenom hvataljkom i njezin sadržaj oprezno zagrijavati slabim plamenom
3. kada se sol potpuno otopi, mjeriti temperaturu dok se otopina hladi
4. kada se primijeti pojava prvih kristalića, zabilježiti temperaturu u **tablicu 6.**
5. ponoviti postupak mjerenja još tri puta dodajući u istu epruvetu po 2,5 mL vode, nakon svakoga dodavanja vode ponovno zagrijati smjesu dok se ne otope kristali, polako hladiti i zabilježiti temperaturu pri kojoj se kristali pojavljuju
6. na temelju dobivenih podataka izračunati topljivost soli u vodi, topljivost izraziti masenim udjelima soli u zasićenoj otopini, $w_{\text{sat}}(\text{sol})$
7. grafički prikazati ovisnost topljivosti $w_{\text{sat}}(\text{sol})$ o temperaturi na milimetarskome papiru (slika 2.)

Opažanja:

Tablica 6. Topljivost soli u vodi pri različitim temperaturama

$m(\text{sol})/\text{g}$	$m(\text{H}_2\text{O})/\text{g}$	$t/^\circ\text{C}$	$w_{\text{sat}}(\text{sol})$



Slika 2. Maseni udio soli u zasićenoj otopini pri različitim temperaturama

Smjernice pri izvođenju pokusa:

1. Na temelju opažanja tijekom pokusa objasnite pojam topljivosti tvari i utjecaj temperature na topljivost tvari.
2. Iz dobivenoga dijagrama očitajte topljivost soli pri 20 °C, 40 °C i 60 °C.
3. Izračunajte masu odabrane soli koju treba otopiti u 200 g vode da bi se priredila zasićena otopina te soli pri 25 °C. Potrebne podatke očitajte iz rezultata pokusa prikazanih na dijagramu.
4. Izračunajte masu odabrane soli koja će se istaložiti hlađenjem 500 g zasićene otopine te soli s temperature 40 °C na temperaturu 20 °C. Potrebne podatke očitajte iz rezultata pokusa prikazanih na dijagramu.
5. Povežite množinsku koncentraciju otopljene soli u zasićenoj otopini s ravnotežnom konstantom otapanja te soli. Napišite izraz za ravnotežnu konstantu otapanja soli uz pomoć množinske koncentracije otopljene soli.
6. Zaključite je li proces otapanja korištene soli egzoterman ili endoterman.
7. Navedite prijenose energije do kojih dolazi tijekom zagrijavanja epruvete s otopinom i neotopljenim kristalima soli:
 - A. između sustava i okoline
 - B. u sustavu.
8. Na temelju promjene temperature pri otapanju soli u vodi razmislite što se događa s energijom sustava, a što s energijom okoline.
9. Prikažite entalpijskim dijagramom energetske promjene pri otapanju soli u vodi.
10. Predložite postupak kojim se može ustanoviti je li neka otopina nezasićena, zasićena ili prezasićena.

Obrazovni ishodi:

KEM SŠ A.1.1. Analizira svojstva, sastav i vrstu tvari.

KEM SŠ A.1.4. Krički razmatra upotrebu tvari i njihov utjecaj na okoliš.

KEM SŠ A.2.1. Analizira svojstva, sastav i vrstu tvari.

KEM SŠ C.2.2. Analizira izmjenu energije između sustava i okoline i povezuje ih s promjenama tijekom kemijske reakcije.

KEM SŠ D.1.2. Primjenjuje matematička znanja i vještine.

KEM SŠ D.2.2. Primjenjuje matematička znanja i vještine.

KEM SŠ D.2.3. Uočava zakonitosti uopćavanjem podataka prikazanih tekstem, crtežom, modelima, tablicama i grafovima.

Pokus 5. PRIPREMA OTOPINA ZADANIH KONCENTRACIJA RAZRJEĐIVANJEM I OTAPANJEM ČVRSTIH TVARI U OTAPALU

Pokus 5.1. PRIPREMA VODENE OTOPINE OCTENE KISELINE MNOŽINSKE KONCENTRACIJE $1,0 \text{ mol dm}^{-3}$ RAZRJEĐIVANJEM

Zadatak: pripremiti vodenu otopinu octene kiseline množinske koncentracije $1,0 \text{ mol dm}^{-3}$ razrjeđivanjem otopine octene kiseline veće množinske koncentracije

Pribor i kemikalije: odmjerna tikvica od 100 mL, menzura od 100 mL, lijevak, boca štrcaljka, alkoholni ocat ($w = 9 \%$, $r = 1,01 \text{ g cm}^{-3}$), destilirana voda

Mjere opreza: Tijekom rada potrebno je koristiti se zaštitnim naočalama i rukavicama.

Postupak:

1. izračunati volumen alkoholnoga octa ($w = 9 \%$, $\rho = 1,01 \text{ g cm}^{-3}$) potrebnoga za pripremu 100 mL otopine octene kiseline koncentracije $1,0 \text{ mol dm}^{-3}$
2. menzurom odmjeriti potreban volumen 9 %-tne otopine octene kiseline i uliti je preko lijevka u odmjernu tikvicu, lijevak isprati destiliranom vodom prikupljajući otopinu u tikvicu
3. tikvicu dopuniti destiliranom vodom do oznake, začepiti i dobro izmiješati višestrukim okretanjem odmjerne tikvice

Pokus 5.2. PRIPREMA VODENE OTOPINE NATRIJEVA ACETATA KONCENTRACIJE $1,0 \text{ mol dm}^{-3}$ OTAPANJEM ČVRSTOGA UZORKA NATRIJEVA ACETATA U VODI

Zadatak: pripremiti vodenu otopinu natrijeva acetata koncentracije $1,0 \text{ mol dm}^{-3}$ otapanjem čvrstoga uzorka natrijeva acetata u vodi

Pribor i kemikalije: odmjerna tikvica od 100 mL, čaša od 100 mL, posudica za vaganje (ili plastična čaša), lijevak, vaga, boca štrcaljka, destilirana voda, natrijev acetat

Mjere opreza: Tijekom rada potrebno je koristiti se zaštitnim naočalama i rukavicama.

Postupak:

1. izračunati masu natrijeva acetata potrebnu za pripremu 100 mL otopine množinske koncentracije $1,0 \text{ mol dm}^{-3}$
2. posudicu za vaganje postaviti na vagu i skalu na vagi namjestiti na nulu
3. u posudicu za vaganje dodati masu soli izračunatu u 1. koraku i zabilježiti izvaganu masu (m_1)
4. u odmjernu tikvicu postaviti lijevak te iz posudice odsipati sol
5. posudicu ponovno izvagati i zabilježiti masu (m_2)
6. iz razlike masa soli prije i nakon odsipavanja izračunati masu dodane soli (m_3)
7. sol zaostalu na lijevku isprati destiliranom vodom prikupljajući otopinu u odmjernu tikvicu
8. ukloniti lijevak nakon ispiranja, a u tikvicu uliti destiliranu vodu do polovine njezina volumena, začepiti tikvicu i snažnim mućkanjem otopiti sol
9. kada je sav natrijev acetat otopljen, u otopinu dodati destiliranu vodu do oznake na tikvici, začepiti je i dobro izmiješati višestrukim okretanjem odmjerne tikvice

Smjernice pri izvođenju pokusa 5.1. i 5.2.:

1. Navedite i opišite odmerno posuđe korišteno u pokusima 5.1. i 5.2.
2. Opišite laboratorijski postupak pripreme otopine zadanoga sastava razrjeđivanjem.
3. Opišite laboratorijski postupak pripreme otopine zadane množinske koncentracije otapanjem čvrste tvari.
4. Opišite laboratorijski postupak pripreme otopine zadanoga masenog udjela otapanjem čvrste tvari.
5. Prepoznajte koja je vrsta vage korištena za pripremanje otopina koje se nalaze u bocama s naljepnicama:
A. $w(\text{NaCl}) = 9 \%$
B. $c(\text{NaCl}) = 1,0128 \text{ mol dm}^{-3}$.
6. Uočite promjenu temperature u tikvici tijekom otapanja čvrstoga natrijeva acetata u vodi i zaključite je li otapanje natrijeva acetata endoterman ili egzoterman proces.
7. Razmislite je li pripremljena otopina natrijeva acetata u opisanome pokusu nezasićena, zasićena ili prezasićena.
8. Procijenite utjecaj temperature na volumen vode i razmislite o greškama pri pripremi otopine točno određene množinske koncentracije.

Obrazovni ishodi pokusa 5.1. i 5.2.:

KEM SŠ A.1.1. Analizira svojstva, sastav i vrstu tvari.

KEM SŠ A.1.4. Kritički razmatra upotrebu tvari i njihov utjecaj na okoliš.

KEM SŠ A.2.3. Kritički razmatra upotrebu tvari i njihov utjecaj na okoliš.

KEM SŠ A.3.3. Kritički razmatra upotrebu tvari i njihov utjecaj na čovjekovo zdravlje i okoliš.

KEM SŠ C.2.2. Analizira izmjenu energije između sustava i okoline i povezuje ih s promjenama tijekom kemijske reakcije.

KEM SŠ D.1.2. Primjenjuje matematička znanja i vještine.

KEM SŠ D.2.2. Primjenjuje matematička znanja i vještine.

Pokus 6. REAKCIJA BAKRA I SUMPORA

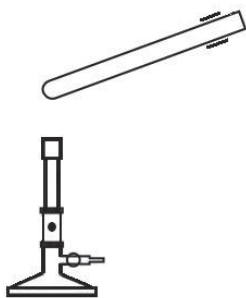
Zadatak: reakcijom bakra i sumpora dobiti bakrov(I) sulfid

Pribor i kemikalije: epruveta, drvena hvataljka za epruvetu, plamenik, šibice, vaga, tanke bakrene žice, sumpor u prahu

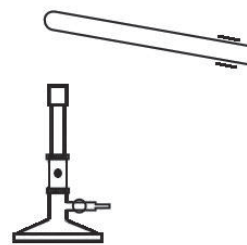
Mjere opreza: Tijekom rada potrebno je koristiti se zaštitnim naočalama.

Postupak:

1. u epruvetu staviti 2,00 g tankih bakrenih žica i 0,75 g sumporova praha, epruvetu malo nakositi otvorom prema gore (**slika 3.1.**) i sadržaj zagrijavati dok se bakar ne zažari
2. epruvetu okrenuti u malo nagnutome položaju s otvorom prema dolje i zagrijavati dok se sumpor ne odvoji od produkta (**slika 3.2.**), epruvetu ostaviti u istome položaju dok se njezin sadržaj ne ohladi, produkt ostaje u epruveti
3. ohlađeni produkt reakcije istresti iz epruvete na izvaganu papirnatu lađicu, ponovno izvagati i zabilježiti masu nastalog produkta



Slika 3.1. Epruveta nagnuta otvorom prema gore



Slika 3.2. Epruveta nagnuta otvorom prema dolje

Smjernice pri izvođenju pokusa:

1. Opišite promjene tijekom zagrijavanja sumpora.
2. Nakon vaganja usporedite boju i savitljivost polaznih tvari i produkta.
3. U opisanome je postupku konačni produkt sinteze bakrov(I) sulfid. Reakcijom bakra i sumpora prvo nastaje bakrov(II) sulfid koji daljnjim žarenjem prelazi u bakrov(I) sulfid i sumpor. Opisane promjene prikažite jednadžbama kemijskih reakcija.
4. Izračunajte i zaključite koji je reaktant mjerodavan, a koji je u suvišku.

5. Na temelju mase mjerodavnoga reaktanta izračunajte masu bakrova(I) sulfida koji bi mogao nastati opisanom reakcijom.
6. Izračunajte iskorištenje reakcije.
7. Odredite oksidacijske brojeve atoma u reaktantima i produktu opisane kemijske reakcije.
8. Odredite oksidacijsko i reduksijsko sredstvo u opisanoj kemijskoj reakciji.
9. Napišite jednadžbe polureakcija za oksidaciju i redukciju te ukupnu jednadžbu opisane kemijske reakcije.
10. Uočite znakove opasnosti i upozorenja na bočici sa sumporom.

Obrazovni ishodi:

KEM SŠ A.1.1. Analizira svojstva, sastav i vrstu tvari.

KEM SŠ A.1.4. Kritički razmatra upotrebu tvari i njihov utjecaj na okoliš.

KEM SŠ A.2.3. Kritički razmatra upotrebu tvari i njihov utjecaj na okoliš.

KEM SŠ A.3.1. Istražuje svojstva, sastav i vrstu tvari.

KEM SŠ A.3.3. Kritički razmatra upotrebu tvari i njihov utjecaj na čovjekovo zdravlje i okoliš.

KEM SŠ B.1.2. Analizira fizikalne i kemijske promjene.

KEM SŠ B.2.2. Analizira kemijske promjene na primjerima reakcija anorganskih i organskih tvari.

KEM SŠ B.3.3. Analizira kemijske promjene na primjerima reakcija anorganskih i organskih tvari.

KEM SŠ D.1.2. Primjenjuje matematička znanja i vještine.

KEM SŠ D.2.2. Primjenjuje matematička znanja i vještine.

KEM SŠ D.3.2. Primjenjuje matematička znanja i vještine.

Pokus 7. SVOJSTVA AMONIJEVA KLORIDA

Zadatci: ispitati topljivost amonijeva klorida u vodi, odrediti pH-vrijednost vodene otopine amonijeva klorida i ispitati termičku stabilnost čvrstoga amonijeva klorida

Pribor i kemikalije: dvije epruvete, stalak za epruvete, žličica, stakleni štapić, satno staklo, termometar, plamenik (ili svijeća), šibice, drvena hvataljka za epruvetu, kapaljka, amonijev klorid, destilirana voda, univerzalni indikatorski papir, vata

Mjere opreza: Tijekom rada potrebno je koristiti se zaštitnim naočalama. Pokus treba izvesti u digestoru ili uz otvoreni prozor.

Postupak:

1. u epruvetu **1** uliti oko 1 mL destilirane vode i izmjeriti temperaturu vode
2. dodati žličicu amonijeva klorida, promiješati termometrom i očitati temperaturu
3. kap otopine amonijeva klorida nanijeti staklenim štapićem na univerzalni indikatorski papir i očitati pH-vrijednost otopine
4. u epruvetu **2** staviti pola žličice amonijeva klorida, epruvetu začepiti s malo vate i dno epruvete zagrijati u plamenu

Smjernice pri izvođenju pokusa:

1. Jednadžbom kemijske reakcije prikažite otapanje amonijeva klorida u vodi.
2. Napišite koncentracijsku konstantu ravnoteže otapanja amonijeva klorida u vodi.
3. Koncentracijska konstanta otapanja amonijeva klorida u vodi pri 25 °C iznosi $30,9 \text{ mol}^2 \text{ dm}^{-6}$. Izračunajte množinsku koncentraciju amonijeva klorida u zasićenoj vodenoj otopini pri 25 °C.
4. Na temelju promjene temperature u sustavu pri otapanju amonijeva klorida u vodi zaključite je li taj proces egzoterman ili endoterman.
5. Navedite prijenose energije do kojih dolazi tijekom otapanja amonijeva klorida u vodi:
 - A. između sustava i okoline
 - B. u sustavu.
6. Na temelju promjene boje indikatorskoga papira zaključite u kojemu je području pH-vrijednost otopine amonijeva klorida.
7. Jednadžbom kemijske reakcije prikažite hidrolizu amonijeva klorida.

8. Zaključite koje su jedinke u reakciji hidrolize amonijeva klorida Brønsted-Lowryjeve kiseline, a koje Brønsted-Lowryjeve baze.
9. Prikažite strukture jedinka u reakciji hidrolize amonijeva klorida Lewisovim simbolima.
10. Opišite i objasnite promjene tijekom zagrijavanja amonijeva klorida.
11. Jednadžbom kemijske reakcije prikažite promjenu nastalu zagrijavanjem amonijeva klorida.
12. Razmislite kojoj vrsti kristala pripadaju kristali amonijeva klorida.
13. Predvidite građu molekule amonijaka i amonijeva iona na temelju VSEPR metode.
14. Objasnite i prikažite jednadžbom promjenu do koje dolazi u hladnome gornjem dijelu epruvete u pokusu.

Obrazovni ishodi:

KEM SŠ A.1.1. Analizira svojstva, sastav i vrstu tvari.

KEM SŠ A.1.2. Primjenjuje kemijsko nazivlje i simboliku za opisivanje sastava tvari.

KEM SŠ A.2.1. Analizira svojstva, sastav i vrstu tvari.

KEM SŠ A.3.1. Istražuje svojstva, sastav i vrstu tvari.

KEM SŠ B.1.2. Analizira fizikalne i kemijske promjene.

KEM SŠ B.2.2. Analizira kemijske promjene na primjerima reakcija anorganskih i organskih tvari.

KEM SŠ B.3.3. Analizira kemijske promjene na primjerima reakcija anorganskih i organskih tvari.

KEM SŠ D.1.3. Uočava zakonitosti uopćavanjem podataka prikazanih tekstom, crtežom, modelima, tablicama i grafovima.

KEM SŠ D.3.2. Primjenjuje matematička znanja i vještine.

Pokus 8. SVOJSTVA UGLJIKOVA(IV) OKSIDA

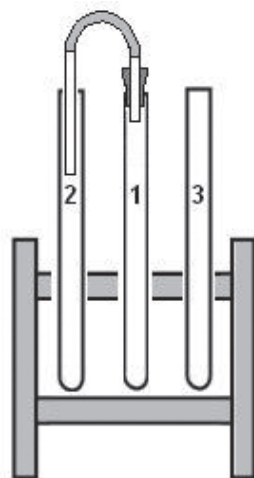
Zadatci: otapanjem kalcijeva karbonata (iz ljuske jajeta ili vapnenca) u klorovodičnoj kiselini proizvesti ugljikov(IV) oksid, ispitati topljivost ugljikova(IV) oksida u vodi i odrediti pH-vrijednost vodene otopine ugljikova(IV) oksida, vapnenom vodom dokazati prisutnost ugljikova(IV) oksida

Pribor i kemikalije: tri epruvete, stalak za epruvete, tri kapaljke (ili menzura, injekcijska štrcaljka), čep za epruvetu s provučenom staklenom cjevčicom i gumenom cjevčicom na drugome kraju (**slika 4.**), dva čepa za epruvetu, stakleni štapić, slamčica, ljuska jajeta ili kamenčić vapnenca, 19-postotna otopina klorovodične kiseline, vapnena voda, univerzalni indikatorski papir

Mjere opreza: Tijekom rada s vapnenom vodom i klorovodičnom kiselinom potrebno je koristiti se zaštitnim naočalama i rukavicama.

Postupak:

1. epruvete označiti brojevima **1, 2 i 3** i staviti ih u stalak sljedećim redom: **2, 1, 3**
2. u epruvetu **1** ubaciti komadiće ljuske jajeta ili kamenčiće vapnenca, u epruvetu **2** kapaljkom uliti oko 1 mL destilirane vode, a u epruvetu **3** kapaljkom uliti oko 1 mL vapnene vode
3. u epruvetu **1** kapaljkom uliti oko 5 mL 19 postotne otopine klorovodične kiseline, epruvetu **1** odmah začepiti čepom s provučenom staklenom cjevčicom, slobodni kraj gumene cjevčice staviti u prostor epruvete **2** (**slika 4.**)



Slika 4. Ispitivanje svojstva ugljikova(IV) oksida

4. nakon jedne minute gumenu cjevčicu iz epruvete **2** premjestiti u epruvetu **3**, a epruvetu **2** odmah začeptiti i dobro protresti
5. univerzalnim indikatorskim papirom odrediti pH-vrijednost otopine u epruveti **2** i pH-vrijednost destilirane vode
6. nakon jedne minute izvaditi gumenu cjevčicu iz epruvete **3** te epruvetu začeptiti i dobro protresti
7. u tekućinu u epruveti **3** upuhivati izdahnuti zrak slamčicom do uočljive promjene

Smjernice pri izvođenju pokusa:

1. Opišite promjene izazvane djelovanjem klorovodične kiseline na ljusku jajeta u epruveti **1**.
2. Opišite promjene u epruvetama **2** i **3**.
3. Pri izvođenju pokusa plin koji nastaje reakcijom u epruveti **1** uvodi se u epruvete **2** i **3**. Pritom nije potrebno začeptiti epruvete **2** i **3**. Zašto? Na temelju pokusa usporedite gustoću nastalog plina i gustoću zraka.
4. Na temelju jednadžbe stanja idealnoga plina izvedite izraz za izračunavanje gustoće plina pri zadanome tlaku i temperaturi te izračunajte gustoće nastalog plina i gustoću zraka. Pretpostavite da je molarna masa zraka 29 g mol^{-1} , temperatura $25 \text{ }^\circ\text{C}$, a tlak 1 bar .
5. Nastale promjene u epruvetama **1** i **2** prikažite jednadžbama kemijskih reakcija. Napišite oznake agregacijskih stanja svih tvari koje sudjeluju u reakciji i imenujte produkte kemijskih reakcija.
6. Usporedite promjene u epruveti **3** nakon uvođenja:
 - A. plina nastalog reakcijom u epruveti **1**
 - B. izdahnutoga zraka.Nastale promjene prikažite jednadžbama kemijskih reakcija. Napišite oznake agregacijskih stanja svih tvari koje sudjeluju u reakciji i imenujte produkte kemijskih reakcija.
7. Izračunajte volumen ugljikova(IV) oksida koji se može dobiti otapanjem 100 g kalcijeva karbonata u 1 L klorovodične kiseline množinske koncentracije $5,26 \text{ mol L}^{-1}$ pri $0 \text{ }^\circ\text{C}$ i $101\,325 \text{ Pa}$.
8. Odgovorite kojom su vrstom kemijskih veza povezani atomi kisika i ugljika u molekuli ugljikova(IV) oksida.
9. Strukturu molekule ugljikova(IV) oksida prikažite Lewisovom simbolikom.
10. Predvidite prostornu građu molekule ugljikova(IV) oksida.
11. Uočite znakove opasnosti i upozorenja na bočici s klorovodičnom kiselinom.

Napomena: Ljusku jajeta najvećim dijelom izgrađuje kalcijev karbonat.

Obrazovni ishodi:

KEM SŠ A.1.1. Analizira svojstva, sastav i vrstu tvari.

KEM SŠ A.1.2. Primjenjuje kemijsko nazivlje i simboliku za opisivanje sastava tvari.

KEM SŠ A.1.4. Kritički razmatra upotrebu tvari i njihov utjecaj na okoliš.

KEM SŠ A.2.3. Kritički razmatra upotrebu tvari i njihov utjecaj na okoliš.

KEM SŠ A.3.1. Istražuje svojstva, sastav i vrstu tvari.

KEM SŠ A.3.3. Kritički razmatra upotrebu tvari i njihov utjecaj na čovjekovo zdravlje i okoliš.

KEM SŠ B.1.1. Objasnjava vrste i svojstva kemijskih veza.

KEM SŠ B.2.2. Analizira kemijske promjene na primjerima reakcija anorganskih i organskih tvari.

KEM SŠ B.3.3. Analizira kemijske promjene na primjerima reakcija anorganskih i organskih tvari.

KEM SŠ D.1.2. Primjenjuje matematička znanja i vještine.

KEM SŠ D.1.3. Uočava zakonitosti uopćavanjem podataka prikazanih tekstem, crtežom, modelima, tablicama i grafovima.

KEM SŠ D.3.2. Primjenjuje matematička znanja i vještine.

Pokus 9. DOKAZIVANJE NEZASIĆENOSTI ORGANSKOGA SPOJA

Zadatak: dokazati postojanje višestrukih veza u molekulama organskih spojeva prisutnih u zemnome plinu, kori limuna, smjesi etanola i vode te jestivome ulju

Pribor i kemikalije: četiri epruvete, stalak za epruvete, gumena cjevčica s umetnutom staklenom cjevčicom na vrhu, satno staklo, dvije kapaljke (ili menzura, injekcijska štrcaljka), razrijeđena jodna voda, zemni plin (ili plin iz plinske kartuše), kora limuna ili naranče, etanol, jestivo ulje

Mjere opreza: Tijekom rada potrebno je koristiti se zaštitnim naočalama.

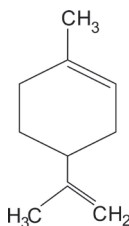
Postupak:

1. epruvete označiti brojevima od **1** do **4** i u svaku uliti po 1 mL jodne vode
2. u jodnu vodu u epruveti **1** gumenom cjevčicom nekoliko sekundi uvoditi zemni plin, izvaditi gumenu cjevčicu iz epruvete i zatim **odmah zatvoriti dovod plina**, uočiti promjene
3. nacijediti sok kore limuna ili naranče struganjem po rubu satnoga stakla, uliti sok u epruvetu **2** i protresti sadržaj epruvete, uočiti promjene
4. u epruvetu **3** plastičnom kapaljkom uliti oko 1 mL etanola, protresti sadržaj u epruveti **3**, uočiti promjene
5. u epruvetu **4** kapaljkom uliti oko 1 mL ulja, protresti sadržaj u epruveti **4**, uočiti promjene

Smjernice pri izvođenju pokusa:

1. Opišite promjene boje jodne vode u epruvetama **1, 2, 3 i 4**.
2. Zaključite u kojim je epruvetama došlo do kemijske promjene.
3. Odredite kojoj vrsti kemijskih reakcija pripadaju reakcije do kojih je došlo u pokusima.

Napomena: Sok limunove i narančine kore sadrži spoj limonen. Na slici je prikazana njegova strukturna formula.



4. Nastale promjene prikažite jednadžbama kemijskih reakcija i imenujte produkte reakcija.

Obrazovni ishodi:

KEM SŠ A.1.2. Primjenjuje kemijsko nazivlje i simboliku za opisivanje sastava tvari.

KEM SŠ A.1.4. Kritički razmatra upotrebu tvari i njihov utjecaj na okoliš.

KEM SŠ A.2.2. Primjenjuje kemijsko nazivlje i simboliku za opisivanje sastava tvari.

KEM SŠ A.2.3. Kritički razmatra upotrebu tvari i njihov utjecaj na okoliš.

KEM SŠ A.3.2. Primjenjuje kemijsko nazivlje i simboliku za opisivanje sastava tvari.

KEM SŠ A.3.3. Kritički razmatra upotrebu tvari i njihov utjecaj na čovjekovo zdravlje i okoliš.

KEM SŠ B.2.2. Analizira kemijske promjene na primjerima reakcija anorganskih i organskih tvari.

KEM SŠ B.3.3. Analizira kemijske promjene na primjerima reakcija anorganskih i organskih tvari.

KEM SŠ D.1.2. Primjenjuje matematička znanja i vještine.

KEM SŠ D.1.3. Uočava zakonitosti uopćavanjem podataka prikazanih tekstem, crtežom, modelima, tablicama i grafovima.

Pokus 10. FEHLINGOVA REAKCIJA

Zadatak: dokazati reduksijska svojstva glukoze i provjeriti je li saharoza reducirajući šećer

Pribor i kemikalije: dvije epruvete, stalak za epruvete, četiri kapaljke (ili menzura, injekcijska štrcaljka), čaša od 250 mL s vrućom vodom, Fehlingova otopina I, Fehlingova otopina II, vodena otopina glukoze, vodena otopina saharoze

Mjere opreza: Tijekom rada s Fehlingovim reagensom potrebno je koristiti se zaštitnim naočalama i rukavicama.

Postupak:

1. priprema Fehlingova reagensa: u epruvetu **1** uliti oko 1 mL Fehlingove otopine I i oko 1 mL Fehlingove otopine II, protresti sadržaj epruvete, podijeliti otopinu u dvije epruvete
2. u epruvetu **1** s 1 mL Fehlingova reagensa uliti oko 1 mL otopine glukoze, protresti sadržaj epruvete i zagrijati ga u vrućoj vodi
3. u epruvetu **2** s 1 mL Fehlingova reagensa uliti oko 1 mL otopine saharoze, protresti sadržaj epruvete i zagrijati ga u vrućoj vodi

Smjernice pri izvođenju pokusa:

1. Opišite promjene u epruvetama **1** i **2**.
2. Nacrtajte strukturu funkcijske skupine koja se dokazuje Fehlingovim reagensom.
3. Predložite reakciju kojom iz saharoze mogu nastati glukoza i fruktoza.
4. Parcijalnom jednadžbom prikažite reakciju redukcije bakrovih(II) iona u elementarni bakar.
5. Razmislite od koje tvari potječe boja nastalog taloga nakon reakcije reducirajućega šećera Fehlingovim reagensom.
6. Zaključite oksidira li se ili reducira glukoza tijekom reakcije.
7. Uočite pH-vrijednost otopine potrebne za reakciju reducirajućega šećera s ionima bakra(II).

Obrazovni ishodi:

KEM SŠ A.1.2. Primjenjuje kemijsko nazivlje i simboliku za opisivanje sastava tvari.

KEM SŠ A.2.2. Primjenjuje kemijsko nazivlje i simboliku za opisivanje sastava tvari.

KEM SŠ A.3.2. Primjenjuje kemijsko nazivlje i simboliku za opisivanje sastava tvari.

KEM SŠ B.2.2. Analizira kemijske promjene na primjerima reakcija anorganskih i organskih tvari.

KEM SŠ B.3.3. Analizira kemijske promjene na primjerima reakcija anorganskih i organskih tvari.

KEM SŠ AB.4.8. Kritički razmatra utjecaj tvari na čovjeka i okoliš.

Pokus 11. BIURET REAKCIJA

Zadatak: dokazati prisutnost (ili neprisutnost) peptidne veze u ureji, biuretu ($\text{H}_2\text{N-CO-NH-CO-NH}_2$) i proteinima bjelanjka jajeta

Pribor i kemikalije: tri epruvete, stalak za epruvete, tri kapaljke (ili menzura, injekcijska štrcaljka), drvena hvataljka za epruvetu, plamenik, šibice, čaša od 250 mL, stakleni štapić, destilirana voda, ureja, vodena otopina bakrova(II) sulfata, natrijeva lužina, bjelanjak jajeta, otopina natrijeva klorida, $w(\text{NaCl}) = 0,9 \%$

Mjere opreza: Tijekom rada potrebno je koristiti se zaštitnim naočalama i rukavicama. Biuret reagens treba pripremati kod otvorenoga prozora ili u digestoru.

Postupak:

Dokazivanje peptidne veze u ureji

1. u epruvetu **1** uliti oko 1 mL destilirane vode, na vrhu žličice dodati ureju i protresti sadržaj epruvete
2. u epruvetu **1** dodati oko 1 mL natrijeve lužine i 1 kap otopine bakrova(II) sulfata i ponovno protresti sadržaj epruvete

Priprema biureta iz ureje i dokazivanje peptidne veze u biuretu

3. u epruveti **2** zagrijavati oko 1 g ureje dok ne izađe sav amonijak (zagrijavanje traje oko 1 minutu, a izlazi li amonijak, može se provjeriti navlaženim lakmusovim papirom na otvoru epruvete)
4. ohladiti čvrsti ostatak, zatim uliti 1 mL natrijeve lužine, dodati 1 kap otopine bakrova(II) sulfata i promućkati sadržaj epruvete

Priprema otopine bjelanjka i dokazivanje peptidne veze u proteinima bjelanjka jajeta

5. u čaši razmutiti bjelanjak jajeta staklenim štapićem, a zatim dodati oko 100 mL otopine natrijeva klorida i promiješati
6. u epruvetu **3** uliti oko 1 mL otopine bjelanjka jajeta i oko 1 mL natrijeve lužine, a zatim dodati 1 kap otopine bakrova(II) sulfata te promućkati sadržaj epruvete

Smjernice pri izvođenju pokusa:

1. Opišite promjene u epruvetama **1**, **2** i **3**.
2. Prikažite jednadžbom kemijske reakcije promjenu nastalu tijekom zagrijavanja ureje.
3. Prikažite jednadžbom kemijske reakcije sintezu dipeptida iz dviju molekula glicina.

4. Nacrtajte strukturu peptidne veze.
5. Navedite prehrambene namirnice koje bi dale pozitivan rezultat biuret reakcije.
6. Uočite znakove opasnosti i upozorenja na bočici s urejom.

Napomena: Pripremljenom otopinom bjelanjka može se izvesti dodatni niz pokusa s bjelančevinama: ksantoproteinska reakcija, taložne reakcije (kiselinama, solima teških metala, alkoholom) i isoljavanje.

Obrazovni ishodi:

KEM SŠ A.1.2. Primjenjuje kemijsko nazivlje i simboliku za opisivanje sastava tvari.

KEM SŠ A.2.2. Primjenjuje kemijsko nazivlje i simboliku za opisivanje sastava tvari.

KEM SŠ A.3.2. Primjenjuje kemijsko nazivlje i simboliku za opisivanje sastava tvari.

KEM SŠ B.2.2. Analizira kemijske promjene na primjerima reakcija anorganskih i organskih tvari.

KEM SŠ B.3.3. Analizira kemijske promjene na primjerima reakcija anorganskih i organskih tvari.

KEM SŠ D.1.3. Uočava zakonitosti uopćavanjem podataka prikazanih tekstom, crtežom, modelima, tablicama i grafovima.

KEM SŠ AB.4.8. Kritički razmatra utjecaj tvari na čovjeka i okoliš.

Pokus 12. UTJECAJ TEMPERATURE NA RAVNOTEŽU KEMIJSKE REAKCIJE

Zadatak: ispitati utjecaj temperature na ravnotežu reakcije tetraakvabakrova(II) kationa i kloridnih aniona

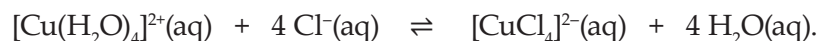
Pribor i kemikalije: tri epruvete, stalak za epruvete, dvije čaše od 250 mL, menzura od 10 mL, kapalica, dvije plastične bočice s otvorom za kapanje, vodena otopina bakrova(II) sulfata množinske koncentracije 1 mol dm^{-3} , koncentrirana klorovodična kiselina, vruća voda, led

Mjere opreza: Tijekom rada s koncentriranom kiselinom potrebno je koristiti se zaštitnim naočalama i rukavicama.

Postupak:

1. označiti tri epruvete brojevima **1, 2 i 3**
2. u epruvetu **1** uliti 9 mL otopine bakrova(II) sulfata i dodati oko 30 kapi (2 do 3 mL) koncentrirane klorovodične kiseline iz plastične bočice s kapaljkom do prve promjene boje otopine u plavozielenu

Napomena: Nakon što se doda koncentrirana klorovodična kiselina u otopinu bakrova(II) sulfata, dolazi do sljedeće kemijske reakcije:



oboji otopinu plavo oboji otopinu žutozielenu

3. sadržaj epruvete **1** razdijeliti u tri pripremljene epruvete na način da je u svakoj epruveti podjednaki volumen otopine, epruvetu broj **1** ostaviti kao kontrolnu
4. epruvetu broj **2** staviti u čašu s vrućom vodom, a epruvetu broj **3** u čašu s ledom, epruvete ostaviti u čašama nekoliko minuta, nakon toga izvaditi epruvete iz čaša i zabilježiti boje otopina u epruvetama
5. epruvete odložiti u stalak i pričekati nekoliko minuta da se temperatura u epruveti izjednači sa sobnom temperaturom, uočiti promjene boja otopina

Smjernice pri izvođenju pokusa:

1. Razmislite što uzrokuje promjenu boje otopina u epruvetama **2 i 3** tijekom zagrijavanja i hlađenja.
2. Na temelju opažanja i jednadžbe kemijske reakcije zaključite u kojemu se smjeru pomiče ravnoteža kemijske reakcije tijekom zagrijavanja, odnosno hlađenja otopine.
3. Prikažite jednadžbom kemijske reakcije promatranu promjenu.

4. Napišite koncentracijsku konstantu ravnoteže za reakciju tetraakvabakrova(II) kationa i kloridnih aniona.
5. Na temelju promjene boje uslijed zagrijavanja sadržaja epruvete **2** zaključite je li reakcija u smjeru nastajanja produkata endotermna ili egzotermna.
6. Odgovorite kako bi se promijenila boja otopine u epruveti **1** dodatkom suviška bakrova(II) sulfata, a kako dodatkom vode. Potom provjerite svoje pretpostavke pokusom.
7. Usporedite boju vodene otopine koja sadrži ione bakra s bojom plamena koju daju ioni bakra.

Obrazovni ishodi:

KEM SŠ A.1.3. Povezuje građu tvari s njihovim svojstvima.

KEM SŠ B.3.2. Procjenjuje utjecaj čimbenika na sastav reakcijske smjese u ravnotežnome sustavu.

KEM SŠ C.2.2. Analizira izmjenu energije između sustava i okoline i povezuje ih s promjenama tijekom kemijske reakcije.

KEM SŠ D.3.2. Primjenjuje matematička znanja i vještine.

Pokus 13. ACETATNI PUFER

Zadatci: pripremiti acetatni pufer i ispitati njegova svojstva

Pribor i kemikalije: čaša od 100 mL, tri menzure od 25 mL, četiri epruvete, dvije kapaljke, dvije bočice s kapaljkom od 25 mL, pet staklenih štapića, otopina octene kiseline, $c(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1,0 \text{ mol dm}^{-3}$, otopina natrijeva acetata, $c(\text{CH}_3\text{COONa}) = 1,0 \text{ mol dm}^{-3}$, otopina klorovodične kiseline, $c(\text{HCl}) = 1,0 \text{ mol dm}^{-3}$, otopina natrijeva hidroksida, $c(\text{NaOH}) = 1,0 \text{ mol dm}^{-3}$, destilirana voda, univerzalni indikatorski papir

Postupak:

1. upute za pripremu otopina octene kiseline i natrijeva acetata nalaze se u pokusima 5.1. i 5.2.
2. priprema otopine pufera: u čašu uliti menzurom 20 mL otopine octene kiseline koncentracije $1,0 \text{ mol dm}^{-3}$ i 20 mL otopine natrijeva acetata koncentracije $1,0 \text{ mol dm}^{-3}$, promiješati smjesu staklenim štapićem
3. u epruvetama 1 i 2 odmjeriti menzurom po 10 mL pripremljene otopine pufera, a u epruvetama 3 i 4 po 10 mL destilirane vode
4. odrediti komadićem univerzalnoga indikatorskog papira pH-vrijednost otopine pufera u epruveti 1 i pH-vrijednost vode u epruveti 3, očitane vrijednosti upisati u **tablicu 7**.
5. u epruvete 1 i 3 dodati po 10 kapi otopine klorovodične kiseline koncentracije $1,0 \text{ mol dm}^{-3}$, promiješati svaku otopinu staklenim štapićem i univerzalnim indikatorskim papirom odrediti pH-vrijednost svake otopine, očitane vrijednosti upisati u **tablicu 7**.
6. u epruvete 2 i 4 dodati po 10 kapi otopine natrijeva hidroksida koncentracije $1,0 \text{ mol dm}^{-3}$, promiješati svaku otopinu staklenim štapićem i univerzalnim indikatorskim papirom odrediti pH-vrijednost svake otopine, očitane vrijednosti upisati u **tablicu 7**.

Tablica 7. Utjecaj dodavanja HCl i NaOH na pH-vrijednost acetatnoga pufera i čiste vode

EPRUVETA	ACETATNI PUFER		DESTILIRANA VODA	
	1	2	3	4
pH-vrijednost ishodne otopine		×		×
pH-vrijednost otopine nakon dodavanja 10 kapi HCl koncentracije $1,0 \text{ mol dm}^{-3}$		×		×
pH-vrijednost otopine nakon dodavanja 10 kapi NaOH koncentracije $1,0 \text{ mol dm}^{-3}$	×		×	

Smjernice pri izvođenju pokusa:

1. Usporedite pH-vrijednosti u epruvetama 1 i 3 te u epruvetama 2 i 4 nakon dodavanja jake kiseline ili jake lužine u destiliranu vodu ili u jednaku količinu puferne otopine. Objasnite uočene promjene.
2. Jednadžbama kemijskih reakcija prikažite promjene u puferkim otopinama nakon dodavanja jake kiseline, odnosno jake lužine.
3. Na temelju opažanja i jednadžbe kemijske reakcije objasnite djelovanje pufera pri dodavanju jake kiseline ili jake baze u vodenu otopinu octene kiseline i natrijeva acetata.
4. Napišite koncentracijsku konstantu ravnoteže ionizacije octene kiseline.
5. Izračunajte pH-vrijednost otopine nastale miješanjem otopine octene kiseline ($c = 1,0 \text{ mol dm}^{-3}$) i otopine natrijeva acetata ($c = 1,0 \text{ mol dm}^{-3}$). Konstanta ionizacije octene kiseline iznosi $1,75 \times 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3}$.
6. Osmislite pokus kojim biste pokazali koliko bi se jake kiseline ili jake lužine moglo dodati u otopinu pufera, a da njegova pH-vrijednost ostane približno jednaka.

Obrazovni ishodi:

KEM SŠ A.1.4. Kritički razmatra upotrebu tvari i njihov utjecaj na okoliš.

KEM SŠ A.2.3. Kritički razmatra upotrebu tvari i njihov utjecaj na okoliš.

KEM SŠ A.3.1. Istražuje svojstva, sastav i vrstu tvari.

KEM SŠ A.3.3. Kritički razmatra upotrebu tvari i njihov utjecaj na čovjekovo zdravlje i okoliš.

KEM SŠ B.3.2. Procjenjuje utjecaj čimbenika na sastav reakcijske smjese u ravnotežnome sustavu.

KEM SŠ D.1.2. Primjenjuje matematička znanja i vještine.

KEM SŠ D.2.2. Primjenjuje matematička znanja i vještine.

KEM SŠ D.3.2. Primjenjuje matematička znanja i vještine.

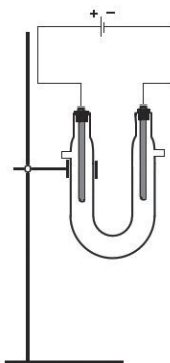
Pokus 14. ELEKTROLIZA VODENE OTOPINE NATRIJEVA SULFATA

Zadatak: elektrolizom vodene otopine natrijeva sulfata rastaviti vodu na vodik i kisik

Pribor i kemikalije: stativ, hvataljka i spojnica, U-cijev, lijevak, dvije grafitne elektrode provučene kroz čepove, vodiči (žice) s krokodil-hvataljkama, baterija od 4,5 V ili ispravljač od 4 V do 6 V, dvije kapaljke, vodena otopina natrijeva sulfata, $c(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 1,0 \text{ mol dm}^{-3}$, indikatori metiloranž i fenolftalein

Postupak:

1. uređaj složiti prema **slici 5**.
2. otopinu natrijeva sulfata uliti kroz lijevak u U-cijev i u otopinu uroniti elektrode
3. elektrode vodičima spojiti s polovima baterije, zabilježiti koja je elektroda spojena na pozitivan, a koja na negativan pol baterije
4. nakon otprilike 5 minuta prekinuti elektrolizu i izvaditi obje elektrode iz otopine
5. u anodni prostor dodati 1 do 2 kapi otopine metiloranža, a u katodni prostor dodati od 1 do 2 kapi otopine fenolftaleina, zabilježiti opažanja



Slika 5. Uređaj za elektrolizu vodene otopine natrijeva sulfata

Smjernice pri izvođenju pokusa:

1. Promotrite promjene na elektrodama tijekom elektrolize vodene otopine natrijeva sulfata.
2. Usporedite brzine nastajanja mjehurića plina na elektrodama.
3. Na temelju promjena boja indikatora zaključite o pH-vrijednosti otopina u anodnome i katodnome prostoru.

4. Na temelju opažanja i promjena na elektrodama zaključite koji produkti nastaju elektrolizom vodene otopine natrijeva sulfata.
5. Promjene na elektrodama prikažite parcijalnim jednadžbama oksidacije i redukcije te napišite jednadžbu ukupne kemijske reakcije.
6. Izračunajte volumen vodika koji se može dobiti elektrolizom vode pri 20 °C i 10⁵ Pa ako člankom protječe struja jakosti 2 A tijekom 30 minuta.
7. Razmislite što se tijekom elektrolize događa s natrijevim, a što sa sulfatnim ionima.
8. Plinovi dobiveni elektrolizom vode upotrebljavaju se u gorivim člancima. Istražite učinkovitost gorivih članaka kao ekološki opravdanih izvora energije.

Obrazovni ishodi:

KEM SŠ A.1.1. Analizira svojstva, sastav i vrstu tvari.

KEM SŠ A.1.4. Kritički razmatra upotrebu tvari i njihov utjecaj na okoliš.

KEM SŠ A.2.3. Kritički razmatra upotrebu tvari i njihov utjecaj na okoliš.

KEM SŠ A.3.1. Analizira svojstva, sastav i vrstu tvari.

KEM SŠ A.3.3. Kritički razmatra upotrebu tvari i njihov utjecaj na čovjekovo zdravlje i okoliš.

KEM SŠ C.3.1. Analizira promjene u elektrokemijskim člancima.

KEM SŠ C.3.2. Povezuje množinu izlučene tvari na elektrodama s količinom naboja.

KEM SŠ D.1.2. Primjenjuje matematička znanja i vještine.

KEM SŠ D.3.2. Primjenjuje matematička znanja i vještine.

KEM SŠ D.3.3. Uočava zakonitosti uopćavanjem podataka prikazanih crtežima, grafikona i tablicama.

Pokus 15. ELEKTROKEMIJSKI NIZ METALA

Pokus 15.1. REAKCIJE METALA S RAZRIJEĐENOM KISELINOM

Zadatak: ispitati reaktivnost odabranih metala s razrijeđenom klorovodičnom kiselinom

Pribor i kemikalije: šest epruveta, stalak za epruvete, otopina klorovodične kiseline, $w(\text{HCl}) = 15\%$, granule ili strugotine metala podjednake veličine (npr. magnezij, aluminij, cink, bakar, željezo, olovo)

Mjere opreza: Tijekom rada s klorovodičnom kiselinom potrebno je koristiti se zaštitnim naočalama i rukavicama.

Postupak: u šest epruveta uliti oko 1 mL klorovodične kiseline te redom ubaciti granule ili strugotine odabranih metala, nakon toga promatrati i zabilježiti opažanja u tablicu 8.

Napomena: Razvijanje mjehurića plina u reakciji metala s kiselinom označite plusom (+) ili minusom (-), a intenzitet nastajanja mjehurića plina u reakciji pojedinoga metala s kiselinom procijenite rednim brojevima počevši od 1. za reakciju pri kojoj je nastajanje mjehurića najintenzivnije.

Tablica 8. Opažene promjene pri reakciji odabranih metala s razrijeđenom klorovodičnom kiselinom

METALI	OPAŽENE PROMJENE U REAKCIJI METALA S HCl(aq)	
	RAZVIJANJE MJEHURIĆA	INTENZITET
Fe		
Al		
Zn		
Cu		
Mg		
Pb		

Smjernice pri izvođenju pokusa 15.1.:

1. Opišite opažanja tijekom reakcije metala s klorovodičnom kiselinom.
2. Usporedite intenzitet nastajanja mjehurića u epruvetama.
3. Prema intenzitetu reakcije metala s kiselinom načinite elektrokemijski niz metala na način da upisujete simbole metala počevši od metala koji je najburnije reagirao s kiselinom, a potom simbole ostalih metala prema smanjenju intenziteta reakcije.

Reaktivnost metala prema rezultatima pokusa



4. Uočene kemijske promjene prikazite jednadžbama kemijskih reakcija i napišite oznake agregacijskih stanja svih reaktanata i produkata.
5. U reakciji cinka i klorovodične kiseline odredite oksidacijske brojeve atomima u svim jedinkama koje sudjeluju u toj reakciji te izjednačite jednadžbu parcijalnim jednadžbama oksidacije i redukcije.
6. Prema napisanoj jednadžbi redoks-reakcije zaključite koji je reaktant redukcijsko sredstvo.
7. Prema rezultatima pokusa zaključite koji je od odabranih metala najjače, a koji najslabije redukcijsko sredstvo.
8. Usporedite rezultate pokusa s položajem odabranih metala u elektrokemijskome nizu metala (Voltinu nizu).

Pokus 15.2. REAKCIJE METALA S OTOPLJENIM IONIMA SOLI

Zadatak: ispitati reaktivnost odabranih metala s otopljenim kationima odabranih soli

Pribor i kemikalije: devet epruveta, stalak za epruvete, razrijeđene vodene otopine soli (npr. cinkova klorida, $c(\text{ZnCl}_2) = 0,1 \text{ mol dm}^{-3}$, bakrova(II) klorida, $c(\text{CuCl}_2) = 0,1 \text{ mol dm}^{-3}$, srebrova nitrata, $c(\text{AgNO}_3) = 0,1 \text{ mol dm}^{-3}$), granule ili strugotine metala (npr. magnezij, cink, bakar)

Postupak:

1. u epruvete **1, 2 i 3** uliti po 2 mL otopine cinkova klorida
2. u epruvete **4, 5 i 6** uliti po 2 mL otopine bakrova(II) klorida
3. u epruvete **7, 8 i 9** uliti po 2 mL otopine srebrova nitrata
4. u otopine ubaciti uzorke metala i zabilježiti opažanja u **tablicu 9**.

Opazanja: Reakciju metala s ionom odabrane soli u tablici 9. označite plusom (+) ili minusom (-).

Tablica 9. Opažene promjene pri reakcijama odabranih metala s otopljenim ionima soli

METALI	VODENE OTOPINE SOLI		
	$\text{ZnCl}_2(\text{aq})$	$\text{CuCl}_2(\text{aq})$	$\text{AgNO}_3(\text{aq})$
Mg			
Zn			
Cu			

Smjernice pri izvođenju pokusa 15.2.:

1. Opišite opažanja u epruvetama.
2. Objasnite svoja opažanja i zaključite u kojim je epruvetama došlo do kemijske promjene.
3. Usporedite rezultate pokusa s položajem redoks-para metal/ion metala u Voltinu nizu.
4. U literaturi pronađite točne podatke za standardne elektrodne potencijale promatranih parova metal/ion metala i usporedite ih rezultatima pokusa.
5. Prikažite jednadžbama kemijskih reakcija moguće promjene u otopinama. Označite agregacijska stanja svih sudionika reakcije.

6. Za jednu od mogućih reakcija napišite parcijalne reakcije oksidacije i redukcije.
7. Prema napisanoj jednažbi redoks-reakcije zaključite koji je reaktant redukcijsko, a koji oksidacijsko sredstvo.

Obrazovni ishodi 15.1. i 15.2.:

KEM SŠ A.1.2. Primjenjuje kemijsko nazivlje i simboliku za opisivanje sastava tvari.

KEM SŠ B.3.3. Analizira kemijske promjene na primjerima reakcija anorganskih i organskih tvari.

KEM SŠ C.3.1. Analizira promjene u elektrokemijskim člancima.

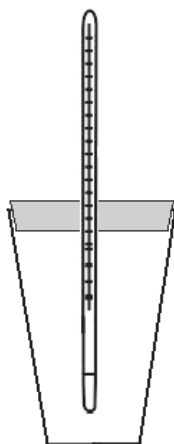
KEM SŠ D.3.2. Primjenjuje matematička znanja i vještine.

KEM SŠ D.3.3. Uočava zakonitosti uopćavanjem podataka prikazanih crtežima, grafikovima i tablicama.

Pokus 16. ENTALPIJA OTAPANJA TVARI

Zadatak: odrediti reakcijsku entalpiju otapanja odabrane tvari u vodi

Pribor i kemikalije: čaša od stiropora od 200 mL (jednostavni kalorimetar), poklopac za čašu od stiropora ili debljega kartona, vaga, menzura od 100 mL, epruveta, tarijonik s tučkom, termometar, zaporni sat, uzorak tvari (npr. kalcijev klorid, amonijev klorid ili limunska kiselina), destilirana voda



Slika 6. Crtež jednostavnoga kalorimetra

Postupak:

1. složiti jednostavni kalorimetar prema **slici 6.**, od tanjega stiropora ili kartona izrezati poklopac veličine otvora čaše i probušiti rupicu za termometar
2. sav pribor i kemikalije ostaviti na sobnoj temperaturi dalje od izvora svjetlosti ili topline dok im se temperature ne izjednače
3. izračunati masu tvari koja odgovara množini od 0,02 mol, uzorak usitniti u tarijoniku i prebaciti ga u suhu epruvetu, a epruvetu začeptiti čepom, izvagati epruvetu s uzorkom i čepom (točnost vaganja 0,01 g), podatke vaganja bilježiti u **tablicu 10.**

Tablica 10. Određivanje mase vode i mase uzorka potrebnih za kalorimetrijski pokus

$m_1(\text{čaše})/\text{g}$	
$m_2(\text{čaše s vodom})/\text{g}$	
$m_3(\text{epruvete s uzorkom})/\text{g}$	
$m_4(\text{epruvete})/\text{g}$	
$m(\text{H}_2\text{O})/\text{g}$	
$m(\text{uzorka})/\text{g}$	

4. izvagati čašu od stiropora (točnost vaganja 0,01 g), uliti u čašu oko 50 mL vode te čašu s vodom ponovno izvagati, razlika u odvagama jest masa vode u kalorimetru
5. u **tablicu 11.** svakih pola minute bilježiti vrijednosti izmjenjenih temperatura vode, mjerenja provoditi 3 do 6 minuta

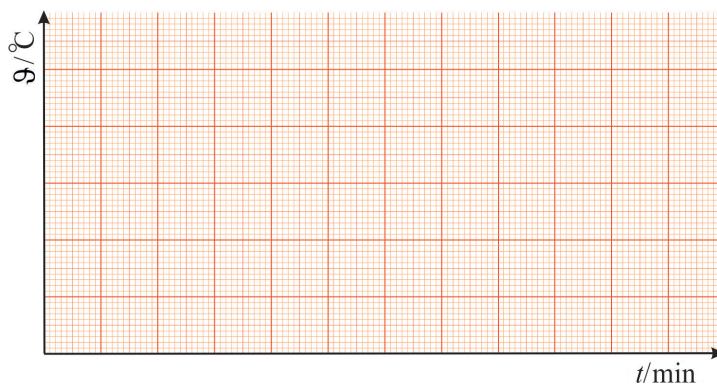
Napomena: Tijekom mjerenja ne smije se vaditi termometar iz otopine.

Tablica 11. Temperatura u kalorimetru prije, tijekom i nakon otapanja odabrane tvari u vodi

t/min										
$\vartheta/^\circ\text{C}$										
t/min										
$\vartheta/^\circ\text{C}$										

Napomena: Uobičajena je oznaka za Celzijevu temperaturu i vrijeme ista (t). Da bi se razlikovale mjerene veličine, temperatura je označena malim grčkim slovom theta (ϑ).

6. nakon 3 do 6 minuta podignuti poklopac i u vodu dodati sav sadržaj tvari iz epruvete, poklopac vratiti na mjesto i polagano miješati termometrom da se sav uzorak otopi i nastaviti bilježiti temperaturu otopine svakih pola minute još 3 do 6 minuta
7. začepljenu epruvetu ponovno izvagati (točnost 0,01 g), razlika u odvagama epruveta jest masa uzorka dodanoga u kalorimetar
8. mjerenja prikazati grafički na milimetarskome papiru kao ovisnost temperature u kalorimetru o vremenu prije, za vrijeme i nakon kemijske reakcije (termogram)



Slika 7. Termogram otapanja odabrane tvari u vodi

9. na temelju grafičkoga prikaza odrediti promjenu temperature u kalorimetru uslijed otapanja odabrane tvari

10. izračunati toplinski kapacitet kalorimetra uz pretpostavku da toplinskomu kapacitetu kalorimetra pridonosi jedino voda te da je toplinski kapacitet otopine jednak toplinskomu kapacitetu vode, specifični toplinski kapacitet vode iznosi $4,19 \text{ J K}^{-1} \text{ g}^{-1}$
11. izračunati toplinu koja bi se izmijenila s okolinom tijekom otapanja odabrane tvari u vodi
12. iz napretka (dosega) reakcije i izmijenjene topline izračunati reakcijsku entalpiju otapanja odabrane tvari

Smjernice pri izvođenju pokusa:

1. Prikažite otapanje odabrane tvari termokemijskom jednadžbom.
2. Na temelju grafičkoga prikaza odredite promjenu temperature uslijed reakcije otapanja (Δt) i zaključite je li otapanje odabrane čvrste tvari egzotermna ili endotermna promjena.
3. Objasnite energetske promjene pri otapanju čvrste tvari u vodi.
4. Usporedite izmjerenu vrijednost reakcijske entalpije otapanja korištene soli s podatkom pronađenim u literaturi.
5. Izračunajte relativnu pogrešku koristeći se izrazom: $P = \frac{|\Delta_r H_i - \Delta_r H_l|}{\Delta_r H_l} \times 100 \%$ gdje je x_i eksperimentalno određena vrijednost entalpije, a $\Delta_r H_l$ literaturna vrijednost reakcijske entalpije.
6. Razmislite kako povećanje temperature utječe na topljivost promatrane tvari u vodi.
7. Na temelju vrijednosti reakcijske entalpije otapanja tvari dobivene pokusom 16. izračunajte reakcijsku entalpiju kristalizacije te tvari ($-\Delta_{\text{sol}}H$) pri istoj temperaturi.

Obrazovni ishodi:

KEM SŠ C.2.1. Povezuje promjene s pretvorbom energije unutar sustava.

KEM SŠ C.2.2. Analizira izmjenu energije između sustava i okoline i povezuje ih s promjenama tijekom kemijske reakcije.

Pokus 17. OVISNOST BRZINE REAKCIJE O TEMPERATURI I KONCENTRACIJI REAKTANATA

Pokus 17.1. OVISNOST BRZINE NASTAJANJA SUMPORA O TEMPERATURI

Zadatak: grafički prikazati ovisnost brzine nastajanja sumpora u reakciji natrijeva tiosulfata i sumporne kiseline o temperaturi

Pribor i kemikalije: deset epruveta, stalak za epruvete, čisti bijeli papir, crni ili plavi flomaster, čaša od 250 mL za vodenu kupelj, gumena ili plastična pločica (može poslužiti širi plastični čep), plamenik, tronožac, mrežica, tri graduirane pipete od 5 mL (mogu se upotrijebiti i injekcijske šprice od 5 mL), dva termometra, zaporni sat, vodena otopina natrijeva tiosulfata, $c(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 0,20 \text{ mol dm}^{-3}$, vodena otopina sumporne kiseline, $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,20 \text{ mol dm}^{-3}$, destilirana voda

Postupak:

1. sve kemikalije ostaviti na sobnoj temperaturi dalje od izvora svjetlosti ili topline, kada se temperatura ustali, izmjeriti njezinu vrijednost i zabilježiti je u **tablicu 12.** (prvo mjerenje)
2. u prvih pet epruveta uliti po 1 mL otopine natrijeva tiosulfata i dodati po 4 mL destilirane vode, a u drugih pet epruveta po 1 mL sumporne kiseline (**tablica 12.**), pripaziti na to da se pipete kojima se dodaju različite otopine ne pomiješaju
3. na komadu čistoga papira flomasterom nacrtati jasno vidljiv znak **X** (**slika 8.2.**)
4. držeći je u ruci, epruvetu **1** s otopinom natrijeva tiosulfata prisloniti na pripremljeni papir iznad nacrtanoga znaka **X**
5. otopinu sumporne kiseline iz epruvete **6** uliti u otopinu natrijeva tiosulfata i sadržaj lagano promiješati kružnim pokretima, u trenutku dodavanja kiseline uključiti zaporni sat i promatrati **kroz otopinu** znak nacrtan na papiru, kada znak više ne bude vidljiv zbog izlučenoga sumpora, zaustaviti zaporni sat i u **tablicu 12.** zabilježiti izmjereno vrijeme
6. drugi par epruveta (**2 – 7**) s otopinom natrijeva tiosulfata i s otopinom sumporne kiseline staviti u vodenu kupelj te zagrijavati iznad plamenika preko mrežice (**slika 8.1.**), na dno čaše može se staviti gumena ili plastična pločica da epruvete i termometar ne budu u dodiru s dnom čaše koja se zagrijava
7. jedan termometar uroniti u otopinu natrijeva tiosulfata, a drugi u vodenu kupelj, zagrijavati ih polagano kako bi temperature vode i otopine bile ujednačene, kada otopina natrijeva tiosulfata postigne željenu temperaturu za reakciju, zabilježiti

temperaturu, a sadržaje epruveta pomiješati iznad bijelog papira sa znakom **X** i promatrati promjene, zabilježiti u **tablicu 12.** vrijeme potrebno da znak više ne bude vidljiv od izlučenoga sumpora

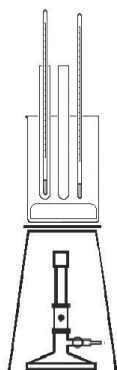
8. ponoviti pokus s preostalim parovima otopina natrijeva tiosulfata i sumporne kiseline (3 – 8, 4 – 9 i 5 – 10), ali pri različitim temperaturama, temperature otopina mogu biti, npr. sobna temperatura, 30 °C, 40 °C, 50 °C i 60 °C
9. rezultate mjerenja grafički prikazati na milimetarskome papiru kao ovisnost vremena potrebnoga za zamućenje otopine o temperaturi

Opazanja:

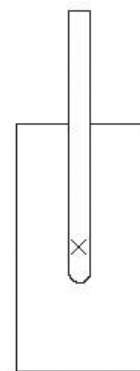
Tablica 12. Priprema otopina i rezultati određivanja vremena do zamućenja uslijed reakcije natrijeva tiosulfata i sumporne kiseline pri različitim temperaturama

BROJ MJERENJA	PRIPREMA OTOPINA				MJERENJE	
	EPRUVETE 1 – 5		EPRUVETE 6 – 10		θ/°C	t/s
	V(Na ₂ S ₂ O ₃)/mL	V(H ₂ O)/mL	V(H ₂ SO ₄)/mL	V _(ukupno) /mL		
1.	1	4	1	6		
2.	1	4	1	6		
3.	1	4	1	6		
4.	1	4	1	6		
5.	1	4	1	6		

Napomena: Uobičajena je oznaka za Celzijevu temperaturu i vrijeme ista (*t*). Da bi se razlikovale mjerene veličine, temperatura je označena malim grčkim slovom theta (θ).



Slika 8.1. Uređaj za zagrijavanje otopina



Slika 8.2. Bijeli papir sa znakom **X** i prislonjena epruveta

Pokus 17.2. OVISNOST BRZINE NASTAJANJA SUMPORA O KONCENTRACIJI NATRIJEVA TIOSULFATA

Zadatak: grafički prikazati ovisnost brzine nastajanja sumpora u reakciji natrijeva tiosulfata i sumporne kiseline o koncentraciji natrijeva tiosulfata

Pribor i kemikalije: deset epruveta, stalak za epruvete, čisti bijeli papir, crni ili plavi flomaster, zaporni sat, tri graduirane pipete od 5 mL (mogu se upotrijebiti i injekcijske šprice od 5 mL), otopina natrijeva tiosulfata, $c(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 0,20 \text{ mol dm}^{-3}$, otopina sumporne kiseline, $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,20 \text{ mol dm}^{-3}$, destilirana voda

Postupak:

1. pripremiti pet epruveta s različitim volumenima otopine natrijeva tiosulfata i vode te pet epruveta s otopinom sumporne kiseline prema **tablici 13.**, pripaziti na to da se pipete kojima se dodaju različite otopine ne pomiješaju
2. redom pomiješati otopine natrijeva tiosulfata i sumporne kiseline prema **tablici 13.** mjereći i bilježeći vrijeme potrebno da znak **X** na papiru više ne bude vidljiv
3. rezultate mjerenja grafički prikazati na milimetarskome papiru kao ovisnost vremena zamućenja otopine o koncentraciji natrijeva tiosulfata

Opažanja:

Tablica 13. Priprema otopina i rezultati određivanja vremena do zamućenja uslijed reakcije natrijeva tiosulfata i sumporne kiseline pri različitim koncentracijama natrijeva tiosulfata

BROJ MJERENJA	PRIPREMA OTOPINA				MJERENJE	
	EPRUVETE 1 – 5		EPRUVETE 6 – 10		$c(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)/\text{mol dm}^{-3}$	t/s
	$V(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)/\text{mL}$	$V(\text{H}_2\text{O})/\text{mL}$	$V(\text{H}_2\text{SO}_4)/\text{mL}$	$V_{(\text{ukupno})}/\text{mL}$		
1.	1	4	1	6		
2.	2	3	1	6		
3.	3	2	1	6		
4.	4	1	1	6		
5.	5	0	1	6		

Smjernice pri izvođenju pokusa 15. i 16.:

1. Prema tabličnim i grafičkim podacima usporedite promjenu vremena potrebnoga za izlučivanje koloidnoga sumpora s porastom temperature otopina.
2. Zaključite kako temperatura utječe na brzinu reakcije natrijeva tiosulfata i sumporne kiseline.
3. Iz rezultata mjerenja zaključite kako na brzinu reakcije natrijeva tiosulfata i sumporne kiseline utječe koncentracija reaktanta.
4. Napišite izraz za srednju vrijednost brzine kemijske reakcije uz pomoć:
A. promjene koncentracije natrijeva tiosulfata
B. promjene koncentracije sumpora.
5. Napišite izraze za srednju vrijednost brzine trošenja natrijeva tiosulfata i za srednju vrijednost brzine nastajanja sumpora.
6. Objasnite zašto dolazi do zamućenja otopine izlučivanjem koloidnoga sumpora. O kojemu se svojstvu koloidne otopine radi?
7. Ispitajte svojstva koloidnoga sumpora laserskim pokazivačem. U čašu od 100 mL ulijte oko 50 mL vode te kapaljkom dodajte par kapi suspenzije iz prethodno načinjenoga pokusa toliko da dobijete blago zamućenje. Promiješajte štapićem. Usmjerite snop svjetlosti kroz čašu s izlučenim koloidnim sumporom. Objasnite opažanja i izvedite zaključak o svojstvima koloidnih otopina.
8. Objasnite zašto je pri izvedbi pokusa bitno da je ukupni volumen jednak pri svakome mjerenju.

Obrazovni ishodi 17.1. i 17.2.:

KEM SŠ A.1.1. Analizira svojstva, sastav i vrstu tvari.

KEM SŠ B.2.1. Analizira brzine različitih promjena.

KEM SŠ AB.4.25. Istražuje svojstva, sastav, vrstu i dobivanje koloidnih sustava.

KEM SŠ BC.4.26. Povezuje utjecaj različitih čimbenika sa stabilnosti koloidnih sustava.

KEM SŠ D.1.1. Povezuje rezultate pokusa s konceptualnim spoznajama.

KEM SŠ D.1.2. Primjenjuje matematička znanja i vještine.

KEM SŠ D.2.2. Primjenjuje matematička znanja i vještine.

KEM SŠ AB.4.25. Istražuje svojstva, sastav, vrstu i dobivanje koloidnih sustava.

KEM SŠ BC.4.26. Povezuje utjecaj različitih čimbenika sa stabilnosti koloidnih sustava.

3. STRUKTURA ISPITA

Zastupljenosti područja ispitivanja i kognitivnih razina u ispitu državne mature iz Kemije prikazani su u tablicama 14. i 15.

Tablica 14. Zastupljenost područja ispitivanja u ispitu državne mature iz Kemije

PODRUČJA ISPITIVANJA	ZASTUPLJENOST U ISPITU
1. Tvari	45 %
2. Promjene i procesi	40 %
3. Energija	15 %
UKUPNO	100 %

Tablica 15. Zastupljenost kognitivnih razina u ispitu državne mature iz Kemije

KOGNITIVNE RAZINE	ZASTUPLJENOST U ISPITU
Prva kognitivna razina (prepoznavanje, navođenje)	25 %
Druga kognitivna razina (razumijevanje)	50 %
Treća kognitivna razina (primjena usvojenoga znanja)	25 %
UKUPNO	100 %

Ispit državne mature iz Kemije sastoji se od dva tipa zadataka. Prvi dio ispitne knjižice sastoji se od zadataka zatvorenoga tipa (višestrukoga izbora). Drugi dio ispitne knjižice sastoji se od zadataka otvorenoga tipa. Zadatci otvorenoga tipa mogu biti zadatci dopunjavanja, zadatci kratkoga odgovora te zadaci produženoga odgovora.

Struktura ispita prikazana je u **tablici 16.**

Tablica 16. Struktura ispita prema broju zadataka

VRSTA ZADATAKA	BROJ ZADATAKA	BROJ BODOVA PO ZADATKU	UKUPAN BROJ BODOVA
Zadatci zatvorenoga tipa	35	1	35
Zadatci otvorenoga tipa	5	2	10
	3	3	9
	4	4	16

U ispitu državne mature iz Kemije moguće je ostvariti ukupno **70 bodova.**

4. TEHNIČKI OPIS ISPITA

Tehnički opis ispita podrazumijeva trajanje ispita, izgled i način rješavanja te pribor za rješavanje ispita.

4.1. TRAJANJE ISPITA

Ispit državne mature iz Kemije traje ukupno **180 minuta** bez stanke. Vremenik provedbe ispita objavljen je na mrežnoj stranici Nacionalnoga centra za vanjsko vrednovanje obrazovanja (www.ncvvo.hr).

4.2. IZGLED ISPITA I NAČIN RJEŠAVANJA

Pristupnik dobiva sigurnosnu vrećicu u kojoj se nalaze svi ispitni materijali. Sadržaj listova za koncept **neće** se bodovati.

Uz svaku vrstu zadataka priložena je uputa za rješavanje. Važno je pažljivo pročitati upute jer je u njima naznačen i način označavanja točnih odgovora. Pristupnici trebaju pažljivo pročitati upute i slijediti ih tijekom rješavanja ispita.

Zadatke zatvorenoga tipa (višestrukoga izbora) pristupnici rješavaju označavanjem slova točnoga odgovora među ponuđenima. Slova točnih odgovora označavaju se znakom **X** na listu za odgovore. Ako pristupnik za pojedini zadatak označi više od jednoga odgovora, taj će se zadatak bodovati s 0 (nula) bodova bez obzira na to je li među označenima i točan odgovor.

Zadatke otvorenoga tipa pristupnici rješavaju upisivanjem točnoga odgovora (i postupka, tj. crteža ili dijagrama ako se u zadatku to traži) na predviđeno mjesto naznačeno u uputi za rješavanje.

Ako pristupnik pogriješi, treba precrtati netočan odgovor, staviti ga u zagradu, napisati točan odgovor i staviti paraf (isključivo skraćeni potpis, a ne puno ime i prezime) pokraj točnoga odgovora.

4.3. PRIBOR

Tijekom pisanja ispita dopušteno je upotrebljavati isključivo kemijsku olovku kojom se piše plavom ili crnom bojom. Od geometrijskoga pribora dopuštena je upotreba jednoga ravnala (ili jednoga trokuta), a nije dopuštena upotreba kutomjera i šestara. Potrebno je džepno računalo, tzv. znanstveni kalkulator koji se može upotrebljavati tijekom cijeloga ispita.

Također, dopuštena je upotreba periodnoga sustava elemenata. Knjižica s periodnim sustavom elemenata potrebnim za rješavanje ispita sastavni je dio ispitnoga materijala. Pristupnicima nije dopušteno donijeti ni upotrebljavati druge prikaze tablice periodnoga sustava elemenata.

U ispitu se od pristupnika može zahtijevati i konstruiranje dijagrama, a pritom im je dopuštena i upotreba crtaćega pribora.

Tijekom ispita dopušteno je upotrebljavati džepno računalo tipa Scientific. Džepno računalo smije imati:

- eksponencijalnu funkciju (tipka 10^x)
- logaritamsku funkciju (tipka $\log x$)
- trigonometrijske funkcije (tipke \sin , \cos , \tan).

Džepno računalo **ne smije** imati mogućnost:

- bežičnoga povezivanja s drugim uređajem
- upotrebe memorijske kartice
- simboličkoga računanja (npr. u nazivu CAS)
- grafičkoga rješavanja (npr. u nazivu Graphic ili ima tipku GRAPH)
- deriviranja i integriranja.

Dežurni će nastavnik tip (naziv i oznaku) džepnoga računala koje je pristupnik upotrebljavao tijekom ispita upisati na list koji služi za popisivanje svih džepnih računala koje pristupnici upotrebljavaju.

5. OPIS BODOVANJA

Pristupnik može ostvariti u ispitu ukupno **70** bodova.

5.1. VREDNOVANJE PRVOGA DIJELA ISPITNE KNJIŽICE

Prvi dio ispitne knjižice sastoji se od **35** zadataka zatvorenoga tipa (višestrukog izbora).

Svaki točno označen odgovor u zadatcima zatvorenoga tipa (višestrukog izbora) donosi jedan bod.

Uspješnim rješavanjem zadataka zatvorenoga tipa pristupnik može ostvariti maksimalno **35** bodova (**tablica 16.**).

5.2. VREDNOVANJE DRUGOGA DIJELA ISPITNE KNJIŽICE

Drugi dio ispitne knjižice sastoji se od **12** zadataka otvorenoga tipa (5 zadataka koji donose 2 boda, 3 zadatka koji donose 3 boda i 4 zadatka koji donose 4 boda, **tablica 16.**).

Za svaki zadatak otvorenoga tipa razrađena je ljestvica za vrednovanje tako da pojedini dijelovi odgovora donose po jedan bod. U određenome broju zadataka (do tri zadatka u ispitu) pojedini dijelovi odgovora donose više od jednoga boda. Vrednovanje takvih zadataka također je razrađeno ljestvicom koja će biti objavljena u ključu za odgovore.

Uspješnim rješavanjem zadataka otvorenoga tipa pristupnik može ostvariti maksimalno **35** bodova.

6. PRIMJERI ZADATAKA

U ovome su poglavlju navedeni primjeri zadataka. Uz svaki primjer zadatka navedeni su uputa za rješavanje zadatka, točan odgovor, područje ispitivanja, obrazovni ishod koji se tim zadatkom ispituje te način bodovanja.

6.1. PRIMJER ZADATKA ZATVORENOGA TIP (VIŠESTRUKOGA IZBORA)

Zadatak zatvorenoga tipa (višestrukoga izbora) sastoji se od upute (u kojoj je opisan način rješavanja zadatka i koja je zajednička za sve zadatke toga tipa u nizu), osnove (u kojoj je postavljen zadatak) te četiriju ponuđenih odgovora od kojih je jedan točan.

Uputa za rješavanje zadataka zatvorenoga tipa (višestrukoga izbora) glasi:

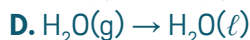
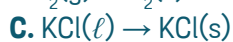
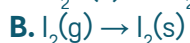
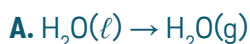
U sljedećim zadatcima od više ponuđenih odgovora samo je **jedan** točan.

Točne odgovore morate označiti znakom X na listu za odgovore.

Točan odgovor donosi jedan bod.

Zadatak:

Koji od navedenih zapisa prikazuje endotermnu promjenu?



TOČAN ODGOVOR: A

PODRUČJE ISPITIVANJA: 3. *Energija*

OBRAZOVNI ISHOD: KEM SŠ C.2.1. Povezuje promjene s pretvorbom energije unutar sustava.

BODOVANJE: 1 bod za točan odgovor

6.2. PRIMJERI ZADATAKA OTVORENOGA TIPRA

Zadatci otvorenoga tipa u drugome dijelu ispitne knjiŹice mogu biti zadatci dopunjavajna, zadatci kratkoga odgovora i zadatci produŹenoga odgovora. Zadatci otvorenoga tipa sastoje se od upute (u kojoj je opisan naĉin rjeŹavanja zadatka i koja je zajedniĉka za sve zadatke toga tipa u nizu) i osnove (najĉeŹe pitanja) u kojoj je zadano Źto pristupnik treba odgovoriti.

U ispitu iz Kemije u zadatcima produŹenoga odgovora najĉeŹe se pojavljuju stehiometrijski problemi. U tim je zadatcima potrebno neŹto izraĉunati, nacrtati ili napisati. Za svaki takav zadatak potrebno je naĉiniti njemu prikladnu ljestvicu bodovanja. Kako je broj varijacija takvih zadataka velik, nije moguće u ispitnome katalogu za sve njih ponuditi odgovarajuće ljestvice bodovanja. Navedeni primjeri opisuju temeljna naĉela bodovanja takvih zadataka.

U raĉunskim zadatcima primjenjuju se pravila tzv. konsekvencijalnoga bodovanja prema kojima pristupnik neće biti dva puta kaŹnjen za istu pogreŹku.

Uputa za rjeŹavanje zadataka otvorenoga tipa glasi:

U sljedećim zadatcima odgovorite kratkim odgovorom ili dopunite reĉenicu/tablicu/grafiĉki prikaz/shematski prikaz upisivanjem sadrŹaja koji nedostaje. U zadatcima s raĉunanjem potrebno je prikazati i postupak s ispravnim mjernim jedinicama. Odgovore upiŹite **samo** na predviĉeno mjesto u ispitnoj knjiŹici.

Toĉan odgovor donosi jedan ili dva boda.

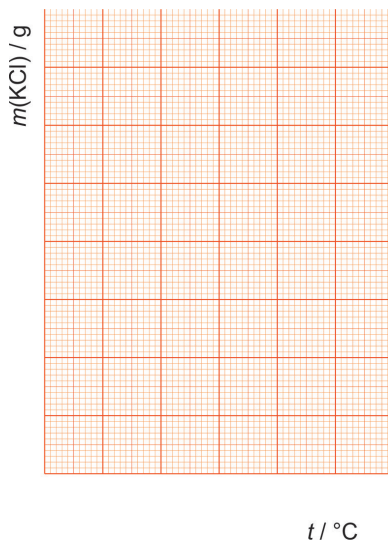
6.2.1. Primjer zadatka dopunjavanja

Zadatak:

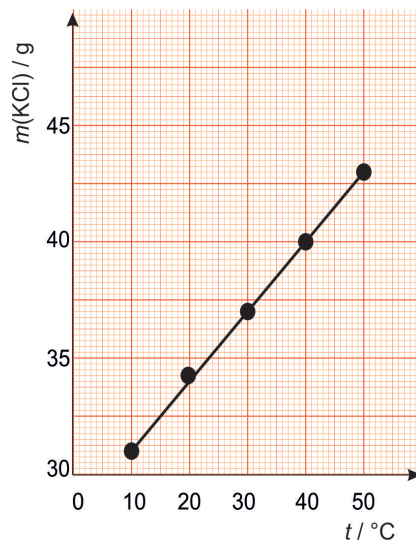
U tablici su navedene najveće mase kalijeva klorida koji se može otopiti pri određenoj temperaturi u 100 g vode.

$t/^\circ\text{C}$	$m(\text{KCl u 100 g vode})/\text{g}$
10	30,9
20	34,0
30	37,1
40	40,0
50	42,9

Upotrebljavajući podatke iz tablice, grafički prikazite ovisnost mase kalijeva klorida koji se može otopiti u 100 g vode o temperaturi.



TOČAN ODGOVOR: Od pristupnika se očekuje da će na temelju zadanih podataka načiniti potrebni grafički prikaz.



PODRUČJE ISPITIVANJA: 1. *Tvari*

OBRAZOVNI ISHOD: KEM SŠ D.2.3. Uočava zakonitosti uopćavanjem podataka prikazanih tekстом, crtežom, modelima, tablicama i grafovima.

BODOVANJE: 1 bod za točan grafički prikaz (za prikladno odabrane skale na osima i upisane podatke)

6.2.2. Primjer zadatka kratkoga odgovora

Zadatak:

1. Prikažite raspored elektrona po ljuskama odgovarajućega atoma u osnovnome stanju ako je broj elektrona njegova iona, čiji je nabojni broj +2, jednak broju elektrona atoma argona.

2. Usporedite polumjere atoma i njegova kationa.

3. Napišite kemijsku oznaku jedinice čiji je nabojni broj -3 , a raspored elektrona po ljuskama 2,8.

TOČNI ODGOVORI:

- 2, 8, 8, 2
- Polumjer neutralnoga atoma veći je od polumjera njegova kationa.
- N^{3-}

PODRUČJE ISPITIVANJA: 1. *Tvari***OBRAZOVNI ISHODI:**

- KEM SŠ A.1.3. Povezuje građu tvari s njihovim svojstvima.
- KEM SŠ A.1.1. Analizira svojstva, sastav i vrstu tvari.
- KEM SŠ A.1.3. Povezuje građu tvari s njihovim svojstvima.

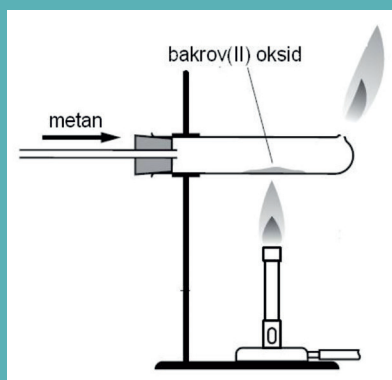
BODOVANJE:

- 1 bod za točno napisanu elektronsku konfiguraciju atoma
- 1 bod za sljedeći odgovor: Neutralni atom veći je od polumjera njegova kationa.
- 1 bod za N^{3-}

6.2.3. Primjer zadatka produženoga odgovora

Zadatak:

Metan prolazi kroz uređaj preko zagrijanoga bakrova(II) oksida pri čemu nastaje ugljikov(IV) oksid, voda i elementarni bakar. Višak metana izgara na kraju uređaja. Opisani pokus prikazan je na slici.



1. Napišite jednadžbu kemijske reakcije bakrova(II) oksida i metana koja se odvija u uređaju.
2. Kojim bi se reagensom moglo dokazati nastajanje ugljikova(IV) oksida?
3. Napišite jednadžbu kemijske reakcije koja prikazuje izgaranje metana uz dovoljan pristup kisika.

TOČNI ODGOVORI:

1. $\text{CH}_4 + 4 \text{CuO} \rightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} + 4 \text{Cu}$
2. Vapnenom vodom, $\text{Ca(OH)}_2(\text{aq})$
3. $\text{CH}_4 + 2 \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$

PODRUČJE ISPITIVANJA: 2. Promjene i procesi

OBRAZOVNI ISHODI:

1. KEM SŠ D.1.1. Povezuje rezultate pokusa s konceptualnim spoznajama.
2. KEM SŠ B.2.2. Analizira kemijske promjene na primjerima reakcija anorganskih i organskih tvari.
3. KEM SŠ B.2.2. Analizira kemijske promjene na primjerima reakcija anorganskih i organskih tvari.

BODOVANJE:

1. 1 bod za točno napisanu jednadžbu kemijske reakcije
2. 1 bod za vapnenu vodu ($\text{Ca(OH)}_2(\text{aq})$)
3. 1 bod za točno napisanu jednadžbu kemijske reakcije

6.2.4. Primjer zadatka produženoga odgovora (bodovanje postupka)

Zadatak:

Izračunajte volumen vodene otopine klorovodične kiseline množinske koncentracije $1 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$ potrebne za pripremu 100 cm^3 klorovodične kiseline množinske koncentracije $2 \times 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}$.

POSTUPAK:

$$n_1(\text{HCl}) = n_2(\text{HCl})$$

$$c_1(\text{HCl}) \times V_1(\text{HCl}) = c_2(\text{HCl}) \times V_2(\text{HCl})$$

$$V_1(\text{HCl}) = \frac{c_2(\text{HCl}) \times V_2(\text{HCl})}{c_1(\text{HCl})} = \frac{2 \times 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3} \times 100 \times 10^{-3} \text{ dm}^3}{1 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}} = 20 \times 10^{-3} \text{ dm}^3 = 20 \text{ cm}^3$$

TOČAN ODGOVOR: 20 cm^3

PODRUČJE ISPITIVANJA: 1. *Tvari*

OBRAZOVNI ISHOD: KEM SŠ D.2.2. Primjenjuje matematička znanja i vještine.

BODOVANJE:

1. 1 bod za točno napisan izraz
2. 1 bod za točno izračunat volumen klorovodične kiseline potreban za pripremu zadane otopine

6.2.5. Primjer zadatka produženoga odgovora (skiciranje entalpijskoga dijagrama)

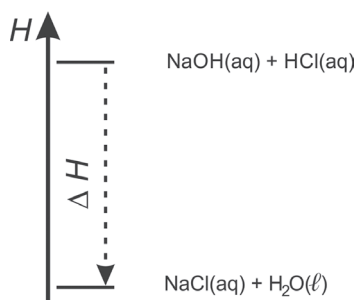
Zadatak:

Reakcija klorovodične kiseline i natrijeve lužine egzotermna je reakcija:



Prikažite entalpijski dijagram te reakcije.

TOČAN ODGOVOR:



PODRUČJE ISPITIVANJA: 3. Energija

OBRAZOVNI ISHOD: KEM SŠ C.2.2. Analizira izmjenu energije između sustava i okoline i povezuje ih s promjenama tijekom kemijske reakcije.

BODOVANJE:

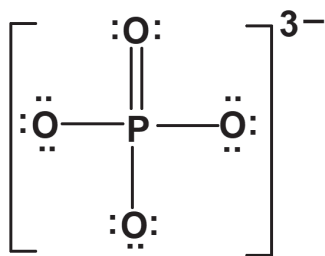
1 bod za točno nacrtan entalpijski dijagram: točno označena os (H), točno označeni reaktanti (HCl(aq) i NaOH(aq) na gornjoj crti), točno označeni produkti (NaCl(aq) i $\text{H}_2\text{O}(\ell)$ na donjoj crti), točan smjer strelice koja označava promjenu, točna oznaka na strelici ($\Delta_r H$ ili ΔH)

6.2.6. Primjer zadatka produženoga odgovora (prikazivanje Lewisovih strukturnih formula)

Zadatak:

Lewisovim simbolima prikažite strukturu fosfatnoga iona.

TOČAN ODGOVOR:



PODRUČJE ISPITIVANJA: 1. *Tvari*

OBRAZOVNI ISHOD: KEM SŠ D.1.3. Uočava zakonitosti uopćavanjem podataka prikazanih tekstem, crtežom, modelima, tablicama i grafovima.

BODOVANJE:

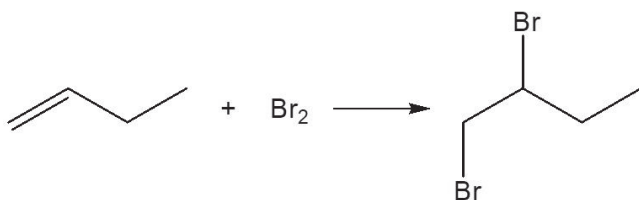
1 bod za točne slovne oznake, dobro nacrtane sve vezne crtice, naznačene sve nevezne elektrone i napisanu uglatu zagradu s naznačenim nabojnim brojem iona

6.2.7. Primjer zadatka produženoga odgovora (strukturne formule organskih spojeva)

Zadatak:

Ako se u otopinu broma u organskome otapalu uvede but-1-en, ona postane bezbojna. Jednadžbom kemijske reakcije prikažite opisanu kemijsku promjenu.

TOČAN ODGOVOR:



PODRUČJE ISPITIVANJA: 2. *Promjene i procesi*

OBRAZOVNI ISHOD: KEM SŠ B.2.2. Analizira kemijske promjene na primjerima reakcija anorganskih i organskih tvari.

BODOVANJE:

1 bod za ispravno prikazanu jednadžbu kemijske reakcije; priznaju se i drukčije prikazane strukturne formule organskih molekula; strukturna formula mora biti prikazana kada postoji više strukturnih izomera iste molekulske formule

7. PRIPREMA ZA ISPIT

Tijekom pripremanja za ispit državne mature iz Kemije pristupnici se mogu koristiti svim udžbenicima iz Kemije, pomoćnim nastavnim sredstvima i dodatnim obrazovnim sadržajima koje je odobrilo Ministarstvo znanosti, obrazovanja i mladih (www.mzom.gov.hr). Mogu se koristiti i ispitima državne mature koji su objavljeni na mrežnoj stranici Nacionalnoga centra za vanjsko vrednovanje obrazovanja (www.ncvvo.hr).

Najbolji su pokazatelji pripremljenosti za ispit državne mature iz Kemije uspješnost u opažanju kemijskih promjena, tumačenju opaženih promjena zabilježenih tijekom kemijskih pokusa i donošenju zaključaka.

Način polaganja ispita državne mature, kao i mjere koje se izriču u slučaju nedozvoljenoga ponašanja učenika propisani su Pravilnikom o polaganju državne mature (Narodne novine, 1/13, 41/19, 127/19, 55/20, 53/21, 126/21 i 19/23).

Periodni sustav elemenata IUPAC

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	H 1,01																		He 4,00
3	Li 6,94	Be 9,01															F 19,0		Ne 20,2
11	Na 23,0	Mg 24,3															Cl 35,5		Ar 39,9
19	K 39,1	Ca 40,1	Sc 45,0	Ti 47,9	V 50,9	Cr 52,0	Mn 54,9	Fe 55,8	Co 58,9	Ni 58,7	Cu 63,5	Zn 65,4	Ga 69,7	Ge 72,6	As 74,9	Se 79,0	Br 79,9	Kr 83,8	
37	Rb 85,5	Sr 87,6	Y 88,9	Zr 91,2	Nb 92,9	Mo 95,9	Tc [98]	Ru 101	Rh 103	Pd 106	Ag 108	Cd 112	In 115	Sn 119	Sb 122	Te 128	I 127	Xe 131	
55	Cs 133	Ba 137	57-71 lantanoidi	Hf 178	Ta 181	W 184	Re 186	Os 190	Ir 192	Pt 195	Au 197	Hg 201	Tl 204	Pb 207	Bi 209	Po [209]	At [210]	Rn [222]	
87	Fr [223]	Ra [226]	89-103 aktinoidi	Rf [261]	Db [262]	Sg [266]	Bh [264]	Hs [277]	Mt [268]	Ds [269]	Rg [272]	Cn [285]							
			La 139	Ce 140	Pr 141	Nd 144	Pm [145]	Sm 150	Eu 152	Gd 157	Tb 159	Dy 163	Ho 165	Er 167	Tm 169	Yb 173	Lu 175		
			89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103		
			Ac [227]	Th 232	Pa 231	U 238	Np [237]	Pu [244]	Am [243]	Cm [247]	Bk [247]	Cf [251]	Es [252]	Fm [257]	Md [258]	No [259]	Lr [262]		

TEMELJNE PRIRODNE KONSTANTE

VELIČINA	ZNAK	VRIJEDNOST
brzina svjetlosti u vakuumu	c_0	$3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$
Planckova konstanta	h	$6,63 \times 10^{-34} \text{ J s}$
elementarni naboj	e	$1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$
masa mirovanja elektrona	m_e	$9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$
masa mirovanja protona	m_p	$1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$
masa mirovanja neutrona	m_n	$1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$
atomska masena konstanta, unificirana atomska jedinica mase, dalton	$m_u = 1 \text{ u} = 1 \text{ Da}$	$1,66 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Avogadrova konstanta	L, N_A	$6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Boltzmannova konstanta	k	$1,38 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$
Faradayeva konstanta	F	$9,65 \times 10^4 \text{ C mol}^{-1}$
molarna plinska konstanta	R	$8,31 \text{ Pa m}^3 \text{ K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
nula Celzijeve temperature		273 K
molarni volumen idealnoga plina ($p = 101 \text{ kPa}$, $t = 0 \text{ }^\circ\text{C}$)	V_m	22,4 L mol ⁻¹

Standardni redukcijski elektrodni potencijali odabranih redoks-sustava u vodenim otopinama pri 25 °C

SHEMATSKI PRIKAZ	E° / V
$Au^+ Au$	1,692
$Cl^- Cl_2$	1,358
$Br^- Br_2$	1,087
$Hg^{2+} Hg$	0,851
$Ag^+ Ag$	0,800
$I^- I_2$	0,535
$Cu^+ Cu$	0,521
$OH^- O_2$	0,401
$Cu^{2+} Cu$	0,342
$H^+ H_2$	0
$Fe^{3+} Fe$	-0,037
$Pb^{2+} Pb$	-0,126
$Sn^{2+} Sn$	-0,137
$Ni^{2+} Ni$	-0,257
$Co^{2+} Co$	-0,28
$Cd^{2+} Cd$	-0,352
$Fe^{2+} Fe$	-0,447
$Cr^{3+} Cr$	-0,744
$Zn^{2+} Zn$	-0,762
$Cr^{2+} Cr$	-0,913
$Mn^{2+} Mn$	-1,185
$Ti^{2+} Ti$	-1,630
$Al^{3+} Al$	-1,662
$Mg^{2+} Mg$	-2,372
$Na^+ Na$	-2,711
$Ca^{2+} Ca$	-2,868
$Ba^{2+} Ba$	-2,912
$K^+ K$	-2,931
$Cs^+ Cs$	-3,026

